تغذية الدواجن

(الجزء الأول)

الأسس العامة

الأستاذ الدكتور

خمساوى احمد الخمساوى

أستاذ علم التغذية – جامعة الأزهر

الناشر

دار الهدى للنشر و التوزيع

مُقدِّمة

بسم الله الرحمن الرحيم

والحمد لله رب العالمين . نشهد ألا اله إلا الله ، ونشهد أن محمدا رسـول الله ، ونصلى ونسلم على الرسول العربى الذى اجتباه ، وعلى أله وأصـحابه ومـن والاه. اللهم صلى وسلم عليه عدد من دبت ومن لم تدب فيه حياة ، واهدنا ربنا الى طريـق هداه،،

وبعـــــــد

فهذا الكتاب قد صنفناه مختصرا حيث وقفنا فيه على الاسس العامة التى يرتكـز عليها علم تغذية الدواجن ، وتركنا التفاصيل فقد عالجناها فى كتابنـا المطـول تغذيـة الدواجن باجزائه الثلاثة .

فلعل هذا الكتاب المختصر يكون بداية طيبة للدارس والباحث فى مجال علوم التغذية

اللهم يسر لنا من امرنا رشدا واهدنا إلى سواء السبيل

والله ولى التوفيق

أ.د/ خمساوى احمد الخمساوى

الأسس العامة لتغذية الدواجن

تقوم عمليه تغذيه الدواجن على خمسه أسس عامه هى :

أسس حيوية :

وتشمل الركائز التى تتصل بالجوانب الفسيولوجية والوراثيه والبيئية والتشريحية والتطويرية وذلك باعتبار أن عمليه التغذية عمليه فسيولوجية تتم من خلال وظيفة أعضاء الجسم المختلفة

أسس كيميائيه :

وتشمل ما يتصل بكيمياء التمثيل الغذائى وكيمياء تحليل الغذاء والكيمياء الحيوية بصفه عامه وذلك باعتبار أن عمليه التغذية عمليه كيميائيه تتم على الغذاء فيتحول الى ماده تكوين وتركيب جسم الكائن الحى.

أسس رياضيه :

وتشمل العمليات الرياضية التى تشمل عمليه التغذية باعتبار أن عمليه التغذية تمثل تغيرا كميا ترتبط بكمية الغذاء وكميه النمو وكميه الوزن النقد وكميه الإنتاج وكلها ذات دلالات وقيم حسابيه تدخل فى نطاق المعالجات الرياضية للوصول الى دراسة التغذية من خلال دلالات رقميه أو قيميه .

أسس اقتصاديه :

علوم تغذيه الدواجن تتناول عمليه التغذية باعتبارها عمليه اقتصاديه الهدف منها الحصول على عائد ذو قيمه اقتصاديه من استغلال الطيور لإنتاج منتجات ذات قيمه اقتصاديه اعلى من القيمة الاقتصادية للغذاء المأكول.

أسس تقنيه :

وتشمل التقنيات المرتبطة بتكوين العلائق وتشكيلها وتقنيات العلف وتقنيات تقديم الغذاء والحفاظ على قيمته .

وعلى ذلك يتلاحظ لنا أن علوم التغذية تقوم على أسس تتصل بطريق مباشر بعلوم كثيرة مثل :

(الفسيولجيا - والتشريع – والتطوير – والكيمياء الحيوية – والكيمياء التحليله – والرياضيات – والاقتصاد – والتقنيات)

أولا : الأسس الحيوية لتغذيه الدواجن

وتضمن عدة ركائز تؤثر بشكل كبير فى البنيان المعرفى لتغذيه الدواجن منها :

١- الركيزة الفسيولوجية :

حيث أن نجاح عمليه التغذية تتوقف على كيفيه وكفائه الاجهزه المعنية بها بدورها ووظيفتها بما تشمله من أعضاء الجهاز الهضمى وغيرها من الأعضاء مثل نظام الغدد الصماء والجهاز الدورى والجهاز المناعى ... الخ

وبصفه عامه فان كافه أجزاء الجسم وأجهزته وأعضائه تتأثر وظائفها بعمليه التغذية وتتأثر بها لان التغذية هى تحول الغذاء وهو ماده ميتة الى جزء من كل عضو حى أو خليه حيه فى الجسم وبالتالى فلا يمكن القول أن عضو من أعضاء الجسم ينفصل عن عمليه التغذية من قريب أو بعيد

٢- الركيزة البيئية :

لاشك أن عمليه التغذية هى علاقة مباشره بين الطائر والغذاء الذى يعتبر جزء من البيئة المحيطة به ، ومن ناحية أخرى فان جزء كبير من عمليه تكييف الطائر مع بيئة تعتمد على وظائف تغذوية .

٣- الركيزة الوراثيه :

قدره الطائر على التعامل مع الغذاء بتفاصيلها المختلفة تتعمد على مجموعه من الصفات والخصائص الوراثيه . وذلك نجد أن هناك مقاييس غذائية كثيرة ذات مكافئ وراثى عالى كافى لإتمام عمليات تحسين وراثى بالانتخاب جيدة ، وكذلك لا ننسى أن وظائف الأعضاء المتصلة بعمليه التغذية تتأثر بالأعضاء أيضا مما يترتب عليه أن إمراضنا غذائية كثيرة هى فى ذاتها أمراضا وراثية مثل غياب عامل امتصاص فيتامين ل١٢ الذى تفرزه المعدة المسبب لمرض الأنيميا الخبيثة وهو مرض وراثى وغياب الخلايا المفرزه للأنسولين المنظم للتمثيل الغذائى للسكر المسبب لمرض السكر الوراثى وهو مرض وراثى وغيرها .

٤- الركيزة التشريحية :

معرفه التركيب التشريحى لبعض أعضاء الجسم له دور مباشر فى هضم وإنجاح عمليه التغذية

أولا: من حيث كونه أساس هام فى فهم وطيفه العضو .

ثانيا : لكونه يساعد على تفسير بعض العمليات الايضية للغذاء فعلى سبيل المثال: معرفة التركيب التشريحى للمعدة فى الطيور يساعد على فهم وظيفة كل من القونصة والمعدة الحقيقية بما يناسب الغذاء الطبيعى للطيور وتأثيره على الاستفادة منه حسب تشكلية العلف وطبيعته وأيضا معرفة التركيب التشريحى للعظام يساعد على فهم التمثيل الغذائى للكالسيوم والفسفور .

ثالثا : بكونه يساعد على كشف الخلل فى الاحتياجات الغذائية من خلال ظواهر وأعراض تشريحية مما يكون له اثر كبير فى ضبط المعلومات التغذوية .

وسوف نتناول بشيئ من التفصيل الركيزة الفسيولوجية من خلال الجهاز الهضمى فى الطيور.

الباب الأول

الجهاز الهضمى

يسمى الجهاز الهضمى علميا بكلمتين :

الأولى : للتوصيف : وتستعمل لتوصيف هذا المسمى ايضا ثلاث كلمات فاذا قصدنا وصفه بكونه انبوبة ممتدة داخل الجسم يجرى فيها محتوى وتبدا من نقطة فى اولهما الى نقطة فى نهايتها قلنا قناة .. واذا اردنا وصفه بانه ذلك التركيب المترابط الذى ينجز مهمة معينة قلنا جهاز واذا اردنا ان نوضح انه مجموعة الاعضاء التى تنتظم فى نسق خاص وبترتيب ونظام معين لتؤدى وظيفة متكاملة قلنا منظومة او نسق .

واما الثانية: للتوظيف: وتستعمل للدلالة على وظيفتة و تختار لذلك واحدة من ثلاث كلمات ، فاذا كنا نعنى ذلك الجزء من الجسم الذى يتم فيه الهضم فاننا نسمية (هضمى ...) منسوبا اليه ، واذا كنا نعنى ذلك الجزء من الجسم الذى يعنى بالغذاء قولنا غذائى واذا اردنا التعبير باسم اهم عضوين موظفين فيه وهما المعدة .. والامعاء.. قلنا معدى معوى.

وعلى ذلك نلاحظ تداول تسع مسميات لهذا المسمى بتبادل كل كلمتين معا على النحو التالى:

القناة المعدية المعوية gastro-intestinal canal
القناة الهضمية digestive canal
القناة الغذائية alimentary canal
الجهاز المعدى المعوى gastro-intestinal tract
الجهاز الهضمى digestive tract
الجهاز الغذائى alimentary tract
النظام المعدى المعوى gastro-intestinal system
النظام الهضمى digestive system
النظام الغذائى alimentary system

الا انه لا يصح منها للتعبير الدقيق الا ثلاثة تسميات و كل منها يعبر عن مضمون معين يختلف عن المضمون الذى يعبر عنه بغيره من الاسمين الآخرين:

فاذا اردنا القناة بغض النظر عن ملحقاتها قلنا القناة المعدية المعوية gastro-intestinal canal و لا يدخل فى نطاق هذه التسمية بعض الاعضاء ذات الصلة

المباشرة بعملية الهضم و التمثيل الغذائى مثل الغدد اللعابية و الكبد و غيرها ، ولا يصح ان نقول القناة الهضمية لان القناة لا تشمل تلك الاعضاء .

واذا اردنا الجهاز قلنا الجهاز الهضمى digestive tract واذا اردنا النظام قلنا النظام الغذائىalimentary system

و فى الطيور يمكن وضع هذه الأجزاء فى قسمين رئيسيين هما:

اولاً:القناة

وهى انبوبة مبطنة بنسيج طلائى تمر داخل الجسم وتفتح للخارج بفتحتين الاولى تمثل مدخل لها تسمى الفم ، والاخرى تمثل المخرج وتسمى الشرج وتتميز هذه القناة الى:

١- تجويف الفم ة mouth cavity

٢- البلعوم phrynus

٣- المرئ esophagus ويتميز الى ٣ اجزاء:

أ - القناة المريئية العلوية upper gullet

ب – الحوصلة crop

ج – القناة المريئية السفلية lower gullet

٤- المعدة stomach و تتميز الى جزئين:

أ – المعدة الحقيقية او الغدية (proventriculus (glandular stomach

ب – القونصة او المعدة العضلية(gizzard(muscular stomach

٥- الامعاء الدقيقة small intestine و تتميز٣ اجزاء:

أ- الاثنى عشر duodenum

ب- الصائم jejunum

جـ – اللفائفى ileum

٦- الامعاء الغليظة large intestine وتتميز الى ٣ اجزاء:

أ- الزوائد الأعورية cecum

ب- القولون colon

جـ- المستقيم rectum

٧- فتحة الشرج (الاست) anus

ثانيا : ملحقات القناة الهضمية

وتشمل : ١- الغدد اللعابية salivary glands
٢- الكبد liver
٣- البنكرياس pancreas

ويوضح شكل (١) و (٢) رسما تخطيطيا للجهاز الهضمى فى الدجاج و فيما يلى نوجز تعريفا لكل عضو من اعضاء الجهاز الهضمى السابق ذكرها:

١- الفـــم:

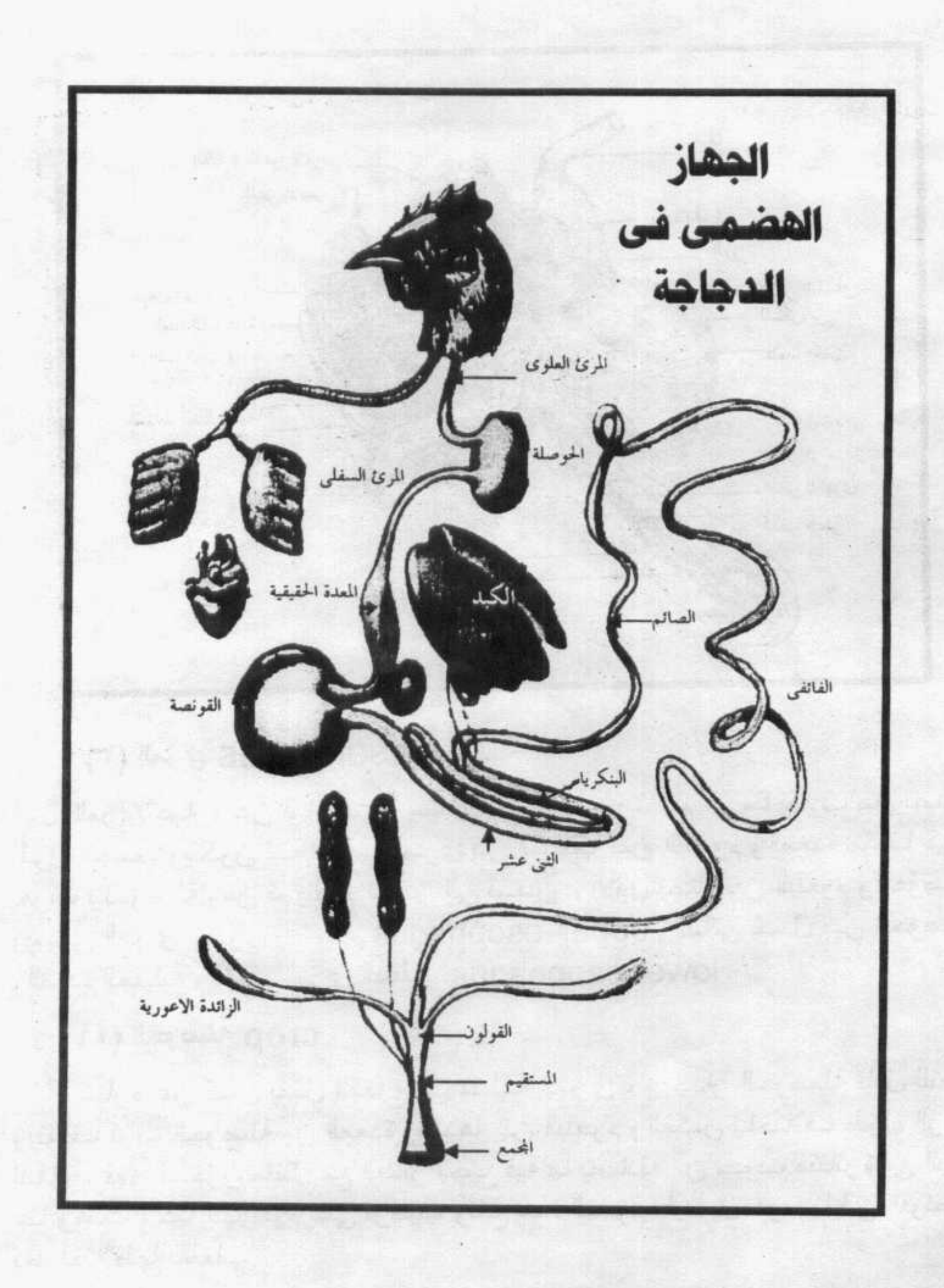
لا يوجد فى الطيور شفاه ولا أسنان حقيقية، ولكن تتحور كل من مقدمة الفك العلوى والسفلى لتكون المنقار الذى يعتبر السمة العامة لطائفة الطيور والذى يتخذ أشكالا مختلفة حسب بيئة الطائر ونوع غذائه ، من حيث الطول والسمك والاتساع واللون والصلابة وغير ذلك ، وبالنسبة للطيور الداجنة نلاحظ انه فى الدجاج والحمام يميل المنقار للاستدارة ويستدق من الأمام مع انحناء بسيط الى أسفل فى الفك العلوى فى الدجاج ليناسب التقاط الحبوب التى تعتبر الغذاء البينى الطبيعى لها ، وكذلك للبحث عنه فى التراب.

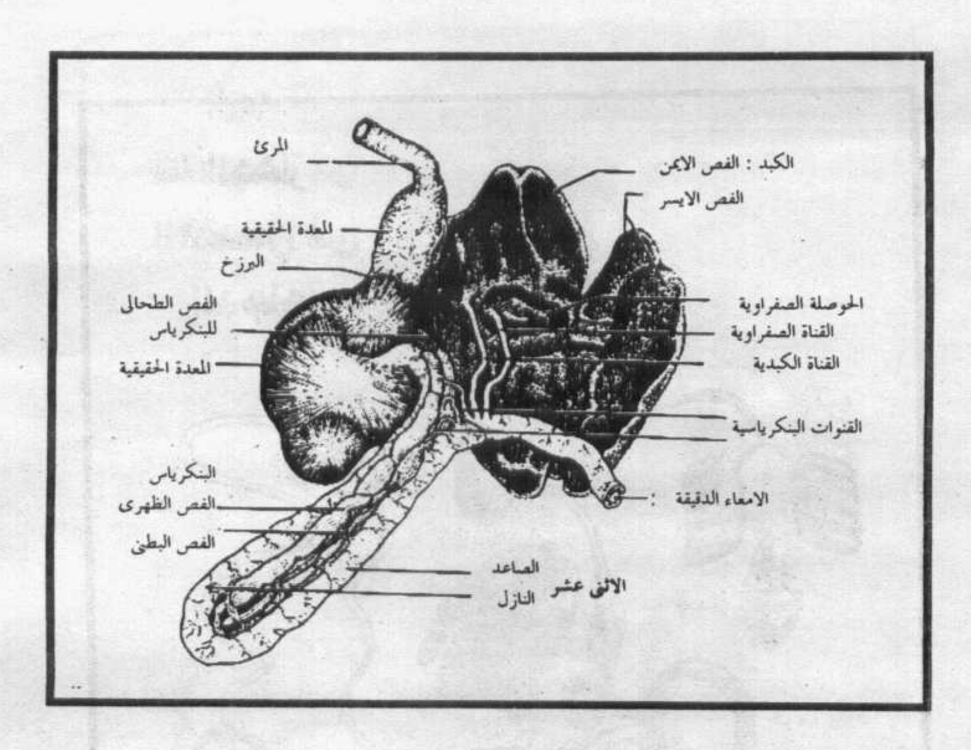
أما فى البط والأوز، فيزداد المنقار فى العرض ويكون طرفه وخاصة فى البط مبطط ويكون فى الأوز محتويا على زوائد سنية ليناسب قطم والتقاط الحشائش المائية الغضة التى تمثل جزء من الغذاء الطبيعي لها .

واللسان فى الدواجن مثلثى الشكل صغير به قليل من النسيج العضلى وفى نهايته نتوات تساعد على دفع جزيئات الغذاء تجاه مدخل المرئ.

(٢) البلعوم PHRYNUS

البلعوم عبارة عن قناة صغيرة تلتقى فيها الفتحات التنفسية والغذائية والأذنية ، وهى سبعة فتحات:
١- نهاية تجويف الفم
٢- بداية المرئ
٣- بداية القصبة الهوائية
٤- ٥- فتحتى الانف
٦-٧- فتحتان لقناتى استاكيوس من الأذنين
ولا يوجد فاصل بين تجويف الفم والبلعوم فى الطيور كما هو الحال فى الثدييات.


الجهاز
الهضمى فى
الدجاجة
المرئ العلوى
الحوصلة
المرئ السفلى
المعدة الحقيقية
الكبد
الصائم
الفائفى
القونصة
البنكرياس
الثنى عشر
الزائدة الاعورية
القولون
المستقيم
المجمع



(٣) المرئ OESOPHAGUS

المرئ عبارة عن قناة ضيقة يصل طولها الى ٢٠ سم أى ما يقرب من نصف طول الجسم، ويتكون ابنعاج فى المرئ فى المنطقة بين البلعوم والمعدة مكونا كيسا يعرف بالحوصلة ومن ثم ينقسم المرئ إلى قسمين ، الأول يصل بين البلعوم والحوصلة ويسمى المرئ العلوى upper esophagus والثانى يصل بين الحوصلة والمعدة الحقيقية ويسمى المرئ السفلى lower esophagus

(٤) الحوصلة crop

عبارة عن كيس يمثل انبعاج فى منطقة المرئ ، و جدار الحوصلة قابل للتمدد ويتوقف قرب الحوصلة من المعدة وبعدها عن البلعوم والعكس باختلاف طول الرقبة للطائر، فهى كمخزن متنقل مع الطائر يجمع فيه ما يصادفه من حبوب متناثرة فى البيئة هنا وهناك ، كما انها تقوم على ترطيب ونقع هذه الحبوب ليسهل هرسها فى القونصة بعد اختلاطها باللعاب.

ومع أن هاتين الوظيفتين هما أهم وظيفتين للحوصلة فى الطيور عامة إلا أنها تحتوى فى بعض الأنواع (كالحمام) على غدد لبنية تفرز مادة لبنية غذائية لتغذية الصغار (الزغاليل) والحوصلة لا تفرز أى أنزيمات هاضمة ويقتصر إفرازها فى الطيور عموما على مادة مخاطية لتسهيل مرور الغذاء بها وسهولة حركته وترطيبه.

(٥) المعدة الحقيقة preventriculus

وهى التى تقابل المعدة البسيطة فى الحيوانات الأخرى ، وهى عبارة عن أنبوبة متسعة مستقيمة كمثرية متطاولة عنقها الى ناحية المرئ حيث تتصل به بفتحة فؤادية، وقاعدتها تتصل بالجزء التالى من المعدة وهى القونصة وذلك بعضلة عاصرة تسمى involuntary sphinctor، ويمر الطعام فى المعدة الحقيقة فى الطيور بسرعة، إذ انها تبدو دائما خالية من الطعام، والغدد المفرزة فى معدة الطيور مركبة ومتفرعة وانبوبية وتشابه مثليتها فى الثدييات ولكنها تختلف فى كون النوع الواحد من الخلايا بفرز كلا من الببسين والحمض المعدى بخلاف الثدييات التى تتخصص كل نوع من الخلايا لنوع من الافراز ويكون لكل نوع من خلايا موضع خاص على الغدة.

(٦) القونصة Gizzard

وهى جزء من المعدة تشريحيا ولكنها تحورت بحيث تضخمت الطبقة العضلية المحيطة بها بدرجة كبيرة لذلك سميت المعدة العضلية muscular ووجود هذه العضلات القوية بجدار القونصة يجعل انقباضها وانبساطها يحدث ضغطا شديدا يؤدى الى طحن الحبوب الموجودة بها والمختلطة بكل من المخاط القادم من الحوصلة والمعدة الحقيقية، وكذلك افراز المعدة الحقيقية من حمض الايدروكلوريك والانزيمات الهاضمة محولا إياها الى خليط متجانس ناعم، مما يؤدى الى خلط الغذاء جيدا بالعصارات الهاضمة وتعريض اكبر مسطح للحبوب وحبيبات الغذاء الكبيرة لفعل الانزيمات.

ويلاحظ انه بتشريح القونصة فى الطيور الناضجة يوجد عدد من الحصيات الرملية داخل القونصة مما يعزى اليها سهولة عملية طحن الحبوب فيها حيث تعمل كسطح خشن على خدش الحبة وسهولة تكسيرها بفعل حركة القونصة.

ويفسر وجود هذه الحصيات تفسيرات مختلفة منها:

(١) قول بأنها حصيات موجودة فى الغذاء يتناولها الطائر بدون قصد فى الغذاء وتحتجز فى القونصة حتى لا تمر فى باقى القناة الهضمية وتضر بها.
(٢) انها حصيات طبيعية يتناولها الطائر مع الغذاء او منفردة وهو (أى الطائر) يتناولها بإرادته بفعل الغريزة.
(٣) انها تكونات حيوية داخلية يكونها الطائر بترسيبها فى داخل القونصة مثلها فى ذلك مثل صورة الحصوة التى تتكون فى الكلى والحوصلة المرارية والمثانة فى الثدييات.

(٧) الاثنى عشر DUODENUM

وهو الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة المتصل بالقونصة ، وتصب فيه عصارات البنكرياس والصفراء، وغالبا ما يأخذ شكل حرف (U) بحيث يكون له زراعان او

فرعان او فصان يسمى احدهما صاعدا والأخر نازلا. شكل (٢)

(٨) الصائم JEJUNUM

وهو الجزء الثانى من الأمعاء الدقيقة ويتصل طرفه الأمامى بالاثنى عشر والخلفى باللفائفى ويسمى هذا الجزء بالصائم حيث يبدو خاليا من الطعام عند ذبح الطائر.

(٩) اللفائفى ILEUM

وهو الجزء الثالث من الأمعاء الدقيقة وهو اطول اجزءا القناة الهضمية ويتميز بوجود نسبة كبيرة من الخملات به ويكون ملتفا فى شكل لفات Cail ويوجد به أيضا عقد ليمفاوية تتجمع مكونة ما يسمى بتجمعات باير peyer's patches.

(١٠) الزوائد الأعورية rectal caeca

عند اتصال الامعاء الدقيقة بالامعاء الغليظة توجد زائدان اعوريتان ، و تكونان اثريتان ليس لهما اى وظيفة فى الحمام و الطيور الطائرة عموما ، الا انهما يكونان اكثر تطورا و حجما فى الدجاج و الرومى و الطيور الجاثمة ، ويزداد طولها و اتساعها فى الطيور المائية مثل : البط و الاوز، و يعتقد انه يتم فيها بعض الهضم الجزئى للالياف فى الدجاج و الرومى و البط و الاوز، و يوجد بها ايضا بعض الكائنات الدقيقة التى تخلق كمية بعض الفيتامينات مثل: فيتامين ك و ب١٢ .

(١١) القولون:colon

القولون قصير جدا فى الطيور و رغم صغر حجمه فانه يؤدى العديد من الوظائف الهامة ، فهو يتسلم المادة الغذئية من الامعاء الدقيقة (بصورة متقطعة) و كذلك من الزوائد الاعورية ، كما انه يحتوى على بعض مكونات البول التى تنعكس اليه من فتحة المجمع ، و تمتص الامعاء الغليظة الماء و الاملاح من حصيلة الهضم و البول.

(١٢) المستقيم:rectum

يندمج مع القولون فى جزء واحد قصير جدا، يفتح مباشرة فى فتحة المجمع.

(١٣) فتحة الشرج:anus

يفتح المستقيم مباشرة فى كيس مشترك يصب فيه كل من المستقيم والحالبين والوعائين الناقلين فى الذكر والمهبل فى الإنثى ويسمى بالمجمع Claoaca الذى يفتح للخارج بفتحة واحدة .

(١٤) الغدد اللعابية SALIVARY GLANDS

يطلق لفظ الغدد اللعابية على ثلاثة أزواج أساسية من الغدد اللعابية (يوجد أربعة أزواج فى الأرنب) وكذلك مجموعة من الغدد توجد فى الغشاء المخاطى للفم، ويعتبر اللعاب saliva هو مخلوط إفرازها جميعا ، وهذه الغدد الثلاث هى:

١- الغدد النكفية parotid glands

٢- الغدة تحت الفك submaxillary glands

٣- الغدة تحت اللسان subtingual glands

(١٥) البنكرياس PANCREAS

يشبه البنكرياس فى تركيبه الهستولوجى الغدة اللعابية النكفية، حيث يكون عدد من الغدد الأنبوبية الحوصلية tubulo- alveolar وتفرز إفرازها لتصبه فى الاثنى عشر.

وفى الطيور يكون البنكرياس عبارة عن مجموعة من الغدد الدهنية الشكل الموزعة فى غشاء المساريقا الذى يربط فرعى الاثنى عشر ، ويمتد خارج الاثنى عشر فى بوز ناحية الطحال ، ولذلك يمكن تقسيمه الى ثلاث فصوص رئيسية:

(١) الفص النازل: وهو ملاصق للفرع النازل للاثنى عشر.

(٢) الفص الصاعد: وهو ملاصق للفرع الصاعد للاثنى عشر.

(٣) الفص الطحالى: وهو الجزء المتجه ناحية الطحال.

ويخرج من كل فص قناة مستقلة : القناتان القادمتان من الفصين الصاعد والنازل يلتقيان معا فى قناة مشتركة فى نهاية الفرع البعيد للاثنى عشر ، واما القناة القادمة من الفص الطحالى فتفتح مستقلة بالقرب من الفتحة السابقة.

(١٦) الكبد LIVER

فى الطيور عموما تتكون من فصين فقط يخرج منها قناة كبدية تصب مستقلة فى الاثنى عشر وتخرج من الحوصلة الصفراوية قناة مستقلة تفتح مستقلة فى الاثنى عشر.

فى الحمام:يتكون من فصين يصلهما فصا ثالثا صغيرا، ولا يوجد حوصلة مرارية ، وتصب عصارة الصفراء من الكبد مباشرة فى الاثنى عشر عن طريق قناتين صفراويتين تصب احدهما فى أحد فرعى الاثنى عشر والأخرى فى الفرع الآخر.

وللحوصلة الصفراوية فى بعض أنواع الحيوانات القدرة على تركيز السائل الصفراوى داخلها، وتختلف الحيوانات فى قدرة حوصلتها المرارية على تركيز محتواها، فمثلا: فى القط والكلب والأرنب والفأر والطيور والإنسان تستطيع تركيز السائل الصفراوى من ٥ الى١٠ مرات، بينما فى الخنزير والأغنام والماعز والماشية

يكون لها قدرة محدودة على التركيز وقد لا تستطيع التركيز إطلاقا .
ويتوقف هذا الفعل على نوعية وطبيعة الغذاء لتلك الحيوانات.

ويمكن تقسيم القناة الهضمية عموما الى ٣ مناطق تختلف عن بعضها في التركيب والوظيفة وهى:

١- منطقة الإدخال Ingestion region :
وتشمل تجويف الفم، والمنطقة التالية له حتى المعدة.

٢- منطقة الهضم والامتصاصdigestion & absorption portion:
وهى تلى المنطقة السابقة وتجرى فيها عمليات الهضم بواسطة الأنزيمات التى تفرز على مركبات الغذاء ، ثم يمتص الغذاء المهضوم بعمليات خاصة ، وتشمل هذا المنطقة المعدة والأمعاء.

٣- منطقة الإخراج Ejective portion : وتشمل المنطقة الخلفية من القناة الهضمية حيث لا يحدث هضم أو امتصاص إلا نادرا.

وتختلف أجهزة الهضم بصفة عامة فى الحيوانات الفقارية اختلافات كبيرة أو صغيرة فى تركيبها تبعا لنوعية غذاء الحيوان وطبيعته وتبعا للبيولجيا العامة للحيوان ذاته، وتتمثل هذه الاختلافات فضلا عن الاختلاف فى أعضاء الهضم ذاتها فيما يلى :

أ - طور القناة الهضمية واتساعها .
ب- سرعة معدل مرور الغذاء بها .
ج- درجة حموضة (تركيز ايون الأيدروجين) للأجزاء المختلفة لها .

أولا: طول القناة الهضمية واتساعها :

يختلف طول القناة الهضمية باختلاف أنواع الحيوانات ، إذ أنه كلما زاد طول القناة الهضمية كلما استغرق مرور الطعام بها وقت أطول ، وبهذا يتعرض فى وقت كاف لحدوث عمليات الهضم المختلفة الميكانيكية أو الأنزيمية أو الميكروبية ، وهكذا ففى آكلات اللحوم كالقط ، وفى الدواجن كالدجاج يكون طول القناة الهضمية قدر طول الجسم من ٢٠-٣٠ مرة ، ويكون فى القوارض كالفأر أو فى الإنسان وسطا بين هذا وذاك .

ثانيا: معدل مرور الطعام فى القناة الهضمية

بصفة عامة يتناسب الوقت لمرور الطعام فى القناة الهضمية تناسبا طرديا مع طولها واتساعها، وهو من ناحية اخرى يزداد بزيادة نسبة الألياف الخام فى الغذاء الطبيعى للحيوان ، فيبلغ الوقت اللازم لمرور كمية من الدريس تماما فى القناة الهضمية فى الأبقار والخيول والأغنام والماعز حوالى ١٤ يوما، ولكن الأعلاف الأكثر تركيزا يزداد معدل مرورها فى القناة الهضمية لهذه الحيوانات فيقل الزمن اللازم لمرورها الى حوالى ٣-٤ أيام فقط .

جدول(١): طول القناة الهضمية فى حيوانات مختلفة ونسبتها إلى طول جسم الحيوان .

القسم	المجموعة	الحيوان	طول القناة الهضمية (متر)	الطول النسبى*
عشبيات	مجترات	الثور	٤٥	٢٠
		الخاروف	٣٦	٢٧
	غير مجترات	الحصان	٣٢	١٢
		الأرنب	٤,٥	١٠
خليطة التغذية	قوارض	الفأر	١	٦
	دواجن	دجاج	١,٦	٤
	بسيطة القناة الهضمية	الخنزير	٢	١٤
		الإنسان	٨,٣	٨
لحوميات		القط	١,٨	٤
		الكلب	٤-٦	٥-٦

* طول القناة الهضمية مقسوما على طول الجسم (من مقدم الفم الى مؤخرة الجسم دون حساب طول الأطراف)

جدول (٢): طول أجزاء القناة الهضمية مقارنة فى حيوانات مختلفة (الأطوال بالسنتيمتر ونسبتها المئوية من طول القناة الهضمية.

الجزء من القناة الهضمية		الثور	الخروف	الحصان	الأرنب	الإنسان	الخنزير	الدجاج	الكلب
الإثنى عشر	الطول	١٠٠	؟	١١٠	١٥	٢٥	٦٠	١٥	؟
	%	٢,٧	؟	٣,٦	٣,٥	٣,٣	٢,٩	٩,٧	؟
الصائم واللفائفى	الطول	١٥٠٠	؟	٢٠٩٠	٢٢٥	٥١٥	١٥٤٠	١٠٠	؟
	%	٥٥,٦	؟	٦٨,٠	٥٣,٦	٦٨,٧	٧٥,١	٦٤,٥	؟
جملة الأمعاء الدقيقة	الطول	١٦٠٠	٢٥٠٠	٢٢٠٠	٢٤٠	٥٤٠	١٦٠٠	١١٥	٤٠٠
	%	٥٩,٣	٧٨,٧	٧١,٦	٥٧,١	٧٢,٠	٧٨,٠	٧٤,٢	٨٤,٢
الأعور	الطول	٧٥	٢٥	١٢٣٥	٦٠	--	٢٥	٢×١٥	--
	%	٢,٨	٠,٨	٤,١	١٤,٣	--	١,٢	١٩,٤	--
القولون	الطول	١٠٠٠	٥٠٠	٧٢٠	٤٥	١٧٠	؟	--	؟
	%	٣٧,٠	١٥,٨	٢٣,٤	١٠,٧	٢٢,٧	؟	--	؟
المستقيم	الطول	٢٥	١٥٠	٣٠	٧٥	٤٠	؟	١٠	؟
	%	٠,٩	٤,٧	٠,٩	١٧,٩	٥,٣	؟	٦,٤	؟
جملة الأمعاء الغليظة	الطول	١١٠٠	٦٧٥	٨٧٥	١٨٠	٢١٠	٤٥٠	٤٠	٧٥
	%	٤٠,٧	٢١,٣	٢٨,٤	٤٢,٩	١٨,٠	٢٢,٠	٢٥,٨	١٥,٨
الطول الكلى للأمعاء		٢٧٠٠	٣١٧٥	٣٠٧٥	٤٢٠	٧٥٠	٢٠٥٠	١٥٥	٤٧٥
%		١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

يحتاج مرور الطعام فى القناة الهضمية للخنزير ٣٦ ساعة وفى الإنسان ٤٨ ساعة وفى الدجاج والرومى ٣-٤ ساعات، ومع ذلك فإن الذرة التى تتناولها الطيور (دجاج ورومى) تحتاج الى حوالى ٥٠ ساعة حتى يتم مرورها تماما من القناة الهضمية ويزداد هذا الرقم فى القمح الى ١٠٢ ساعة وفى الشعير الى ١٢٠ ساعة، ومن ناحية اخرى يختلف معدل مرور الغذاء فى نفس العضو بمقارنة الحيوانات المختلفة بعضها ببعض.

فعلى سبيل المثال يبقى الطعام ٢-٣ ساعات فى معدة الإنسان بينما يبقى فى أجزاء المعدة المركبة فى الأبقار ما بين ٣-٦ أيام معظمها يبقاها الغذاء فى الكرش ، ولكن الوقت اللازم لبقاء الغذاء فى الأنفحة، وهى العضو الذى يقابل المعدة فى الإنسان يشابه مثيله فى الإنسان أى حوالى ٣ ساعات.

أما فى الطيور فيمر ربع كمية الحبوب المأكولة من الحوصلة بعد ربع ساعة بينما يحتاج مرور ٩٠% من كمية الحبوب من الحوصلة الى حوالى ٢٤ ساعة.

ثالثا : رقم الحموضة فى أجزاء القناة الهضمية

يختلف رقم الحموضة فى الأجزاء المختلفة للقناة الهضمية للحيوان الواحد ويختلف أيضا فى الجزء الواحد باختلاف الحيوانات، ويرجع هذا الاختلاف أساسا الى طبيعة الهضم التى تتم فى هذا الجزء من القناة الهضمية، وأيضا طبيعة ونوعية الغذاء الطبيعى للحيوان.

والجدول رقم (٥) يوضح أرقام الحموضة (تركيز ايون الايدروجين) فى أجزاء مختلفة من القناة الهضمية لحيوانات مختلفة.

جدول (٥) درجات الحموضة فى الأجزاء المختلفة للقناة الهضمية فى حيوانات مختلفة.

العضو	الثور	الخروف	الحصان	الخنزير	الإنسان	الكلب	الدجاج
الفم واللعاب	٨,١		٧,٦	٧,٣	٦,٨	٧,٦	
الحوصلة	--	--	--	--	--	--	٤,٧
الكرش	٦,٨	٦,٨	--	--	--	--	--
الشبكية	٦,٨	٦,٨	--	--	--	--	--
الورقية	٧,٢	٧,٢	--	--	--	--	--
المعدة الحقيقية	٣,٠	٣,٠	٤,٥		١,٥		٤,٥
القونصة	--	--	--	--	--	--	٢,٩
الإثنى عشر			٧,١		٦,٥		٦,١
الصائم		٨,٣	٧,٤	٨,٦	٧,٠	٨,٤	٦,٢
اللفائفى			٧,٦				٦,٦
الأعور			٧,٢		--	--	٦,١
القولون			٧,١		٧,٢		--
المستقيم			٦,٢		٧,٢		٦,٨
العصير البنكرياسى	٥,٨				٨,٠		٦,٦
الصفراء	--				٧,٧		٦,٥

التعامل مع الغذاء

يقصد بالتعامل مع الغذاء انها اول مجموعة من الخطوات التى تتم على الغذاء بغرض تمثيله وتعد هى عملية التمثيل الغذائى الخارجى و تشمل ثلاث عمليات رئيسية هى تناول الطعام والهضم و الامتصاص ، و تعتبر كل من عمليتى الهضم والامتصاص، وكذلك الخصائص العامة لهما لا تختلف كثيرا بين الفقاريات بصفة عامة.

أولا : تناول الطعام INGESTION

يعنى اصطلاح (Ingestion) حصول الحيوان أو الطائر على غذائه عن طريق الفم تميزا عن حصوله عليه عن طريق الحقن(Injection) ويشمل هذا المضمون مجموعة من العمليات يبدأها الطائر باختياره للطعام وشهيته وإقدامه عليه وحتى بدء دخول الطعام الى عمليات الهضم أى دخوله الى الحوصلة ، وعليه فهى تشمل :

(١) الشهية واختيار الطعام Appetite

الغريزة وعمليات التكيف البيئى لها دخل كبير فى عملية اختيار الغذاء المناسب ، كما أن نوعية الغذاء ورائحته وطعمه لهما أثر فى مدى قابلية الطيور على التهام غذائها ، كما أن الجوع من العوامل التى تؤثر على قابلية الطائر لنوع معين من الأغذية ، ومن ناحية أخرى فإن صحة الطائر ودرجة الحرارة لهما أثر كبير على قابلية الطائر على الغذاء.

و تقدم الطيور على الحبوب أكثر من إقدامها على المساحيق والمجاريش، وكذلك تفضل حبيبات المجاريش الكبيرة عن المسحوق الناعم ، كما أن وجود الطعم الحلو فى الغذاء مثل وجود المولاس أو العسل الأسود يزيد من قابلية الطائر للطعام وعلى العكس من ذلك وجود المواد ذات الطعم المر أو القابض.

(٢) التقاط الطعام prehension

ويعنى اصطلاح prehension إمساك الطعام وتوصيله الى الفم وطرق الحيوانات لتناول الطعام مختلفة:

فى الدجاج والحمام والرومى: تلتقط الطعام بواسطة المنقار المدبب الذى يشبه الملقاط ، وبعد أن يلتقط الطائر الحبة بين مصراعى المنقار ، يحرك عضلة الرقبة حركة شديدة وخاطفة الى الخلف فى نفس الوقت الذى يفتح فيه منقارة فتندفع الحبة بالقصور الذاتى الى داخل البلعوم الذى يتميز بعدم وجود حد فاصل بينه و بين تجويف الفم ، و يساعد على عدم رجوعها مرة اخرى وجود نتؤ فى مؤخرة اللسان يسند الحبة فلا

تتدحرج الى الخارج مرة اخرى.

فى البط والأوز: تلتقط الطعام بواسطة منقارها المبطط ، الذى يشبه ماسك الأوراق ، ثم ترفع رأسها لتجعل المنقار أفقيا ، ثم تحرك فكيها حركات سريعة قصيرة بمساعدة الأسنان الصغيرة الحرشفية التى فى الفك السفلى الى داخل البلعوم.

(٣) الشرب Drinking

الدجاج والرومى والحمام : تغمس منقارها فى الماء مع فتحه قليلا فيعلق الماء بين الفكين بالتوتر السطحى للماء ، ثم ترفع رأسها إلى أعلى مستوى الرقبة فتسقط قطرات الماء فى البلعوم والمرئ بالجاذبية الأرضية.

الطيور المائية (البط والأوز) : تمد رقبتها إلى أقصى ما يمكن للأمام لتجعل مستوى تجويف الفم على استقامة المرئ ثم تغمس منقارها المبطط فى الماء فيمتلئ تجويف الفم ، ثم تقفل فكاها مع رفع قاع الفم فتدفع جزء من الماء إلى أعلى ومع توالى هذه الحركة يرتفع الماء فى المرئ على شكل موجات متتالية.

(٥)المضغ Mastication

فى الطيور لا يحدث المضغ على الاطلاق لعدم وجود الاسنان ، ويعوض ذلك حركة القونصة ذات العضلات القوية على الطعام بالاستعانة بحبات الحصى التى بداخلها ، كما ان اللعاب فى الطيور قليل جدا.

(٦) البلع Deglutition

وهو توصيل الطعام من الفم خلال البلعوم والمرئ الى الحوصلة ، وهى عملية معقدة تشمل فعل عدد كبير من العضلات وأعصاب الحركة، واذا اعتبرنا ان البلع هو وصول الغذاء (الكتلة الغذائية او البلعة) الى المعدة فان الطيور تتميز بوصول البلعة اولا الى الحوصلة حيث تصل بها فترة طويلة حتى يتم الافراج عنها بعد ذلك الى المعدة

ثانيا: الهضـــم DIGESTION

(١) الهضم فيما قبل المعدة

ونقصد بمقولتنا الهضم فيما قبل المعدة العمليات التى تحدث على الطعام وتغير من طبيعته أو كيميائيته سواء بعمليات ميكانيكية أو أنزيمية أو تخمرية ، ومع أن هذه المرحلة لا يفرز فيها إلا إفراز واحد هو اللعاب والذى لا يحتوى على انزيمات فعالة على المواد الغذائية فيما عدا تأثير أنزيم التيالين الضعيف فى حيوانات قليلة، إلا أن هذه

المرحلة من الهضم تمثل أكثر نقاط الاختلاف بين الحيوانات الداجنة.

التنظيم الطبيعى لإفراز اللعاب:

إفراز اللعاب يخضع لتأثيرات كثيرة ومعقدة ، يشمل مراكز عصبية ، مستقبلات وأعصاب داخلية وخارجية ، وأعصاب للأوعية الدموية و الخلايا فى الغدد اللعابية.
وهناك ثلاثة مراحل لمكانيكية هذا الإفراز فى الطيور :

(أ) قبل دخول الطعام إلى الفم :

ويتم نتيجة تأثير شرطى منكس psychic reflex وهذا التأثير ضعيف فى الحصان وغير موجود فى الأغنام وربما كان ضعيفا أو غير موجود فى آكلات العشب بصفة عامة ، ولكنه موجود وقوى فى آكلات اللحوم مثل الكلب وهو متوسط الاثر فى الطيور مع ان كمية اللعاب المفرزة فى الطيور قليلة اصلا بغض النظر عن طريقة افرازها ويختلف من حيث الكمية المفرزة ونوعيتها باختلاف الطعام .

(ب) عند دخول الطعام إلى الفم :

يتم إفراز اللعاب نتيجة تنبيه منعكس من مركز اللعاب بسبب وجود الطعام فى الفم وطعمه وكافة أنواع الاحساسات، وهذا التأثير موجود فى جميع الحيوانات.

(ج) عند وصول الطعام إلى المعدة:

ينبه إفراز اللعاب فى الطيور بالتأثير الميكانيكي للمنطقة الفؤادية للمعدة ، ويكون هذا التنبيه كبيرا على الغدة النكفية.

كمية اللعاب :

كمية اللعاب فى آكلات العشب تختلف باختلاف الأنواع وهى فى الماشية كبيرة نسبيا و قليلة فى الطيور والجدول التالى يوضح ذلك.

الحيوان	كمية اللعاب فى اليوم	مل لعاب لكل كجم من وزن الجسم
الماشية	٥٦ لتر	١١٢
الحصان	٤٢ لتر	١٠٥
الاغنام	١,٨ لتر	٢٧
الانسان	١,٥ لتر	٢١
الدجاجة	٧-٣٠ مل	٣,٥ - ١٥

تركيب اللعاب وتفاعله:

اللعاب فى الإنسان حمضى قليلا حوالى ٦,٦ رقم الاس الأيدروجينى وفى جميع الحيوانات الداجنة فيما عدا المجترات يكون اللعاب قلوى ضعيف ، بينما فى المجترات يكون قلوى قوى نسبيا .

ويحتوى العاب على مواد عضوية وأخرى غير عضوية: أما المواد الغير عضوية فتشبه مثيلتها فى الدم ، وإن كانت أقل تركيزا فيما عدا لعاب الأغنام إذ يحتوى الملح الصوديومى والبوتاسيومى مثل تركيزه فى الدم (السيرم) ويحتوى على البيكربونات والفوسفات أكثر منها فى السيرم من ٤-١٥ مرة.

وأما المواد العضوية فهى: الميوسين (المخاط) البروتين ، وبعض الخلايا الطلائية، وانزيم التيالين فى بعض الحيوانات.

انزيم التيالين لا يوجد فى لعاب الحصان ولا الماشية ولا الأغنام ولا الماعز ويوجد فى لعاب الخنزير ولكن ليس بنفس نشاطه فى لعاب الإنسان ، ويوجد أيضا فى لعاب الكلب والقط والأرنب بكمية قليلة جدا .

ويكون انزيم التيللين فى الإنسان والدواجن فعالا ولكن كميته فى الدواجن قليلة نظرا لقلة كمية اللعاب أصلا.

والوظيفة الهضمية لأنزيم التيالين هى هضم النشا والجليكوجين الى : دكسترين ، أو إلى سكر الشعير حسبما يتاح له من الوقت للعمل على الغذاء قبل تأثير وسط المعدة الحمضى عليه.

الهضم فى تجويف الفم:

فى الدواجن يكون تأثير الهضم فى تجويف الفم معدوما أو قليلا جدا ففى الدجاج والرومى والحمام والسمان ليس لتجويف الفم أى دور هضمى فالطائر يلتقط الحبوب أو المجاريش لتسقط إلى البلعوم مباشرة إذ لا يحتوى فمها أسنانا ولا فكوكا للمضغ، أما فى الطيور المائية مثل البط والأوز فقد يحدث أثر ميكانيكى بتقطيع الحشائش المائية الغضة عند تناولها بمساعدة أسنان قرنية بسيطة فى فمها.

الهضم فى الحوصلة:

الحوصلة كما اسلفنا تجويف فى المرئ تختص به الطيور فقط ، وتحدث فى الحوصلة عمليات ميكانيكية وكيميائية على الغذاء.

أما الميكانيكية فهى:

(أ) نتيجة الحركة الدودية والراحية الإيقاعية للحوصلة يحدث تقليب وخلط للطعام.

(ب) يحدث عصر للسوائل التى قد تكون مختلطة بالغذاء وذلك بعد إحداث نقع

وترطيب للحبوب الجافة بالحوصلة

أما الكيميائية:

أ تفرز المخاط الذى يرطب الغذاء

ب ممكن أن يحدث هضم للنشا بواسطة الانزيمات التى قد تكون موجودة فى الغذاء نفسه ، ولكن هذا الهضم يكون قليلا جدا

ج قد يحدث هضم للنشا نتيجة وجود انزيم التيالين باللعاب

وعموما ما يمكن استخلاصة من الأقوال المعتمدة أن الحوصلة ما هى إلا مخزن للغذاء وكأنها سلة الطائر يجمع فيها ما يلتقطه من حبوب تصادفه أثناء سعيه حتى يكمل لنفسه وجبة فيدخلها الى المعدة

(٢) الهضم فى المعدة

المعدة تعتبر فى جميع الفقاريات مكان التحليل المبدئى للبروتينات لاحتوائها على افرازين هامين فى هذا المجال هما حمض الايدروكلوريك وانزيم الببسين ، ويفرز انزيم الببسين فى صورة غير نشطة تسمى Pepsinogen وينشط بواسطة حمض الايدروكلوريك إلى الصورة النشطة حيث تعمل هذه الصورة على بروتينات الغذاء وتحولها إلى صورة او صورة وسطية مثل الميتابروتينات ، البروتوزات ، الببتونات، عديدات الببتيد ، ببتيدات ثنائية ، وتتوقف درجة التحليل للبروتينات على مدى بقاء الغذاء فى المعدة اى زمن تعرضه لانزيم الببسين وحمض الايدروكلوريك ، وقد وجد نظريا انه يمكن لهذا الانزيم ان يصل ببعض نواتج التحليل البروتينى إلى الاحماض الامينية ، ولكن الزمن الذى يبقاه الغذاء فى المعدة غالبا لا يسمح بوصول التحليل إلى هذا الحد بمجرد خروج الغذاء المهضوم والمسمى عند اذن بالكيم (Chyme) إلى الامعاء الدقيقة وتغير درجة الاس الايدروجين بسبب عصارة الصفراء والبنكرياس يتوقف فعل هذا الانزيم الذى لايعمل الا فى وسط حمضى قوى

ويمكن القول ان الهضم بواسطة عصارة المعدة لاتختلف باختلاف الحيوانات الا انه يمكن التركيز على نقطة جوهرية فى هذا الصدد وهى ان دور المعدة يختلف بين الثدييات والطيور فى كونه فراغ لحدوث التفاعلات الهاضمة ، يكون زمن بقاء الغذاء فى المعدة الحقيقية فى الطيور قليل جدا بالنسبة لزمن بقائة فى المعدة المشابهة لها فى الثدييات ، وبالتالى فان التفاعلات الهضمية لافرازات المعدة الحقيقية فى الطيور لاتتم فى فراغها الا بنسبة قليلة جدا ويتم معظمها فى الجزء التالى لها وهو الجزء العضلى القونصة حيث يتم على الغذاء بصفة عامة نوعان من الهضم

الهضم الميكانيكى فى القونصة :

تقوم القونصة فى الطيور بدور بديل لدور الفكوك والاسنان فى الثدييات ، حيث

تعمل على طحن الحبوب وحبيبات الغذاء وتخلطها بعصارة المعدة ، يساعدها فى ذلك وجود حبات الرمل والحصى المحتجزة بها والتى تهئ وسطا خشنا لحدوث الاحتكاك اللازم لهرس وتفتيت الحبوب وما يماثلها ويكاد تقتصر وظيفة القونصة فى الطيور على هذا الفعل الميكانيكى على الغذاء ، وقد وجد من تجارب عديدة ان اذالة القونصة لم يؤثر على حياة الطيور المنزوعة منها هذه القونصة ولم يؤثر هذا على مدى الاستفادة على الاغذية فى حالة تقديمها إلى الطيور مطحونة ولكنه ادى إلى انخفاض النسبة الهضمية للعناصر الغذائية انخفاض واضحا فى حالة تقديمها إلى الطيور فى صورة حبوب صحيحة جرشا خشنا.

الهضم الانزيمى فى القونصة :

لا تفرز القونصة اى انزيمات ، ولا يوجد فى جدارها اى غدد مفرزة للانزيمات ولكن يقتصر دورها بانها المكان المعد لحدوث عمليات الهضم المتسببة عن العصير المعدى المفرز فى المعدة الحقيقية ، حيث ان الطعام يبقى فى القونصة زمنا اطول من بقائة فى المعدة الحقيقية .

ومعنى ذلك ان القونصة تهيئ الظروف المناسبة للهضم الانزيمى المعدى لعصارة المعدة الحقيقية فى كونها :

١- تطحن الغذاء وتنعمه فيزيد من السطح المعرض للانزيمات الهاضمة .

٢- تخلط وتقلب الغذاء فتهئ بذلك ظروف تلامس الانزيمات بالسطح المواد الغذائية

٣- يبقى بها الغذاء مدة اطول لحدوث عمليات الهضم .

ومن ناحية اخرى : يعتقد البعض ان هناك انزيمات يمكن وجودها فى المعدة فى الفقاريات او بعضها:

اولهما: الليبيز المعدى Gastric lipase

يعتقد وجوده بكميات قليلة جدا فى الطيور وحتى على فرض وجود فى المعدة فهو غير فعال فى الهضم بالمعدة ، وذلك لوجود الوسط الحمضى اذ ان هذا الانزيم يعمل فى وسط قلوى ومن ناحية اخرى فهو لا يعمل على الدهون الا بعد استحلابها بواسطة عصارة الصفراء التى تفرز فى الاثنى عشر

ثانيهما : الاميليز Amylase

وجدت منه كمية قليلة فى معدة الطيور ، ويعتقد الكثيرون ان وجود ليس مصدره المعدة اذا ربما كان مصدره الغذاء نفسه او نتيجة انعكاس حركة الامعاء مما ادى إلى دخول محتوى الامعاء من الطعام إلى المعدة بما يحويه من هذا الانزيم .

ملاحظات عامة على الهضم فى المعدة

١ - التحورات التى حدثت فى المعدة البسيطة تنحصر فى الطيورفى وجود غرفة عضلية اضافية بجانب الفراغ الرئيسى للمعدة ، وهى خالية من الغدد المفرزة .

ويوجد هذا الفراغ الاضافى (القونصة) بعد المعدة الحقيقية وذلك ليحقق الميزات التالية التى تناسب الطيور:

أ- تعمل القونصة على طحن وتفتيت وخلط الغذاء ووجودها بعد المعدة جيدا يهئ لها حدوث عملية خلط انزيمات وعصارات المعدة جيدا بالغذاء

ب-الهضم الميكانيكى فى القونصة يستغرق وقتا ، فيكون عدم الاسراف الحيوى ان يستغل هذا الوقت ذاته لاحداث عمليات الهضم الانزيمات ايضا فى نفس الوقت.

ج- عملية التخزين التى يمثلها كرش المجترات السابق للمعدة تتم فى الطيور فى الحوصلة وهى سابقة للمعدة ايضا وتتفرغ القونصة اذن للفعل الميكانيكى

د- ليس فى الطيور عمليات اجترار او تجيع او نمو ميكروبى فى هذا الفراغ تستلزم ضرورة وجودها قبل المعدة .

٢- للمعدة علاقات بفيتامين ب١٢ اذ تفرز المعده الحقيقية العامل المساعد على امتصاص هذا الفيتامين من الامعاء وهو المسمى العامل الذاتى (I. F) Intrinsic factor

الهضم فيما بعد المعدة

يجدر بنا قبل الحديث عن الهضم فى الامعاء الدقيقة ان تحدث عن العصارات التى تصب فى الامعاء الدقيقة والتى تفرز فيها .

اولا: عصارة البنكرياس Pancreatig juice

وهى سائل شفاف ثقيل قلوى يتجمع بالحرارة وتختلف كمية العصير البنكرياس المفرز لكل ١ كجم من وزن الجسم فى اليوم باختلاف الحيوانات فهى فى :

الحصان	١٦,٨ مل	الثور	١٤,٤ مل
الخارف	١٢,٠مل	الانسان	١١,٥ مل
الخنزير	٧,٢ مل	الكلب	٢,٤ مل
الديك	٥,٠ مل		

ويكاد المستطلع لهذه الارقام ان يلاحظ زيادة مطردة لافراز العصير البنكرياس

كلما اعتمد الحيوان فى غذائه على الاعشاب النباتية وخاصة ان هذه الزيادة تبلغ اقصاها فى الحصان الذى يحتاج إلى محتوى قلوى كبير يعادل به الوسط الحمضى الناتج عن العصير المعدى ثم يزيد قلوية ليناسب تخمرات الامعاء الغليظة الشبيهة بتخمرات الكرش فى المجترات .

لكنه لا اختلاف بين الحيوانات المستأنسة والطيور الداجنة فى محتوى العصير البنكرياسى من الانزيمات ، وهى ثلاث انواع :

١- انزيمات محللة للبروتينات : Proteolytic enzymes

مثل :

١- trypsin 2- chymotrypsin

3- carboxypeptidase 4- Polynucleotidase

٢- انزيمات محللة للدهون Lipoltic Enzymes

مثل Lipase, Lecithinase

٣- انزيمات محللة للكربوهيدرات Amyloytic Enzymes

مثل

1- Amylase 2- Invertase (Sucrase)

3- Maltase 4- Lactase

وتوجد الانزيمات الثلاثة الاخيرة بنسبة قليلة فى العصارة البنكرياسية .

ثانيا: الصفراء BILE

يعتبر افراز الصفراء اهم وظيفة للكبد فى الفقاريات ، وتحتوى عصارة الصفراء على المواد التالية :

١- اصباغ الصفراء ٢- احماض الضفراء
٣- املاح الصفراء ٤- الكوليستيرول
٥- الليسيثين ٦- شبيه الميوسين
٧- دهون ٨- صابونيات (مواد مستحلبة)
٩- يوريا ١٠ – املاح غير عضوية
١١- مواد اخرى

ومن الناحية الهضمية تعتبر املاح الصفراء اهم هذه المكونات حيث تؤدى إلى الاثر المستحلب للدهون وتساعد على امتصاصها وتنشط انزيم الليبيز وتساعد على

امتصاص الفيتامينات الذائبة فى الدهون ، وغير ذلك من الوظائف المتعلقة بالهضم ، وهى املاح صوديومية اساسا وقليلا منها بوتاسيومى لحمضى

Taurocholic acid , Glycochalic

المتكون فى الكبد والموجود فى الصفراء .

وفى اللحوميات والطيور تكون نسبة املاح حمض Taurocholic

اكثر من الاخرى بينما يكون العكس فى الاغنام والماعز ، اما فى الماشية فتزيد املاح احدهما فى حين وتزيد املاح الاخر فى حين اخر ، وفى الارنب والخنزير تكون املاح حمض Glycchalic متغيرة التركيز على خلاف الاملاح الاخرى

ثالثا : العصارة المعوية Succus entericus

يقصد بالعصارة المعوية Succus enterricus العصارات الهاضمة الهاضمة اى المحتوية على انزيمات هاضمة والتى تفرز من غدد انبوبية بسيطة توجد على طول الامعاء الدقيقة ، هذا بخلاف ما تفرز غدد الاثنى عشر التى تقع فى المنطقة المحددة بها التى تلى المعدة وتحتوى عادة على هرمونات منظمة لعمل القناة الهضمية .

تحتوى عصارة الأمعاء الهاضمة على الإنزيمات التالية

1- Interokinase
2-Peptidase
3- Mayltase
4- Invertase (Sucrase)
5- Lactase
6- Lipase
7- Amylase
8- Polynucleotidase
9- Nucleotidase
10- Nucleosidase
11- Alkaline Phosphatase

هضم المواد الغذائية فى الأمعاء الدقيقة :

يمكن القول أن عمليات الهضم فى الأمعاء الدقيقة لا تختلف بين الحيوانات المزرعة وطيورها ولذلك سوف نوجز أهم خطوات هذه العمليات الهضمية فيما يلى الكربوهيدرات :

المادة الغذائية	الإنزيم الهاضم	مصدره	نواتج الهضم
النشا	Amylase	بنكرياسى	دكسترين، مالتوز
نشا، دكسترين	Amylase	معوى	مالتوز
مالتوز	Maltase	معوى	جلوكوز
سكروز	Sucrase	معوى	جلوكوز ، فركتوز
لاكتوز	lactase	معوى	جلوكوز ،جلاكتوز

الدهون

دهون ← (أملاح الصفراء من الكبد) مستحلب دهنى

مستحلب دهنى ← (لبيز من البنكرياس أو الامعاء) جلسريدات أحادية + أحماض دهنية + جلسرين

البروتينات

المادة الغذائية	الإنزيم الهاضم	مكان الافراز	النواتج الهضمية
Trypsinogen	Introkinase	معوى	Trypsin
البروتينات ونواتجها الوسطية والروابط بين الأحماض القاعدية	Trypsin	بنكرياسى	Amino acids
البروتينات ونواتجها الوسطية الروابط بين الأحماض العطرية	Chymotrypsin	بنكرياسى	Amino acids
البروتينات ونواتجها الوسطية ذات مجموعات كربوكسيل حرة	Carboxypeptidase	بنكرياسى	Amino acids
البروتينات ونواتجها الوسطية ذات مجموعات أمين حرة	Aminopeptidase	معوى	Amino acids
ببتيدات ثنائية	Dipeptidase	معوى	Amino acids
DNA , RNA	Polynuclleotidase	معوى	Nuelectides
Nucleotides	Nucleotidase	معوى	Nucleotidase
Nucleosides	Nuclosidase	معوى	قواعد + سكر خماسى
فوسفور غضوى	Alkaline phosphatase	معوى	فوسفور حر

٤- الهضم فى الأمعاء الغليظة

ينحصر الهضم فى الأمعاء الغليظة ان وجد فى الزوائد الاعورية ودور الأمعاء الغليظة عموما فى الهضم قليل جدا الأمعاء الغليظة اذ ان يعتقد البعض ان هناك ضئيل للألياف فى الزوائد الاعورية وتخليق لفيتامينات ب١٢ وك وتزيد نسبة الألياف المهضومة فى الزوائد الاعورية للطيور المائية (البط والاوز).

ثالثاً:الامتصـــــــاص

الامتصاص من المعدة

المعدة فى الحيوانات البسيطة المعدة او المعدة الحقيقية فى عديدات المعدة ليس لها القدرة على الامتصاص، ولاكنه يمكن امتصاص الكحولات من المعدة كذلك كمية قليلة من الماء ، وكذلك ليس للقونصة فى الطيور القدرة على الامتصاص لاى مادة غذائية

الامتصاص من الامعاء الدقيقة

لا يوجد فروق جوهرية فى امتصاص المواد الغذائية فى الامعاء الدقيقة فى الحيوانات المختلفة والطيور ، ويمكن تلخيصها فيما يلى :

امتصاص السكر:

وجد ان السكريات تختلف من حيث سرعة امتصاصها بعضها عن بعض وذلك بالترتيب التالى :

الجلاكتوز ، ثم الجلوكوز ، ثم الفركتوز ، ثم المانوز، ثم الزيلوز ، ثم الارابينوز

كما ان كل من الجلاكوز والجلاكتوز يمتصان بعكس تركيزهما ، اى تتم عملية امتصاصها بالنقل النشط ، بينما السكريات الاخرى لا يرتبط امتصاصها باى نقل نشط .

كما وجد ايضا ان لامتصاص السكر ايضا نظام حمل Carrer system وان تلك الحاملات او الممرات اللازمة لامتصاص الجلوكوز مثلا مشتركة مع غيره من السكريات وايضا مشتركة مع عناصر غذائية اخرى مثل الاحماض الامينية وايونات الصوديوم .

ومن ناحية اخرى يمكن القول ان الجلوكوز باعتباره اهم نواتج هضم الكربوهيدرات فى الامعاء يلزم لامتصاصه منها ثلاث مستلزمات ضرورية هى :

١- الحامل ٢- ايون الصوديوم ٣- الطاقة

ومال الفركتوز بعد دخوله إلى خلية الطبقة المخاطية للامعاء يختلف من حيوان إلى اخر ، فهو فى الانسان والفأر يتحول إلى جلوكوز قبل دخوله إلى الدم اما فى الفأر فغن جزء من الفركتوز يتحول إلى حمض لاكتيك داخل الخلية قبل انتقالة إلى الدم وفى الخنزير غينيا يدخل الفركتوز إلى الدم على صورته التى دخل بها إلى الخلية دون تحول.

٢- امتصاص البروتينات والاحماض الامينية :

بالنسبة للبروتين الكلى فى تجويف القناه الهضمية ، فإن جزء صغير منه يأتى من الطعام الملأكول اما الجزء الاعظم فهو يأتى من داخل الجسم نفسه الافرازات الهاضمة

والخلايا المتهتكى والافرازات الهاضمة فى الانسان تبلغ حوالى من ٦٠- ٢٦٠جرام بروتين يوميا ، هذا بالاضافة إلى حوالى ٩٠ جرام بروتين مشع وجد ان البروتين الذى مصدره داخلى يبلغ حوالى سبعة اضعاف البروتين المأكول ومن ناحية اخرى ، فأن كل البروتين الذى يدخل تجويف الجهاز الهضمى يمكن ان يهضم ويمتص ، من رأى NASSET, 1961 البروتين المختلط فى تجويف القناة الهضمية ينتج احماض امينية بنسب تتوقف على النسب الورزنية الجزيئية حسن نوعية البروتين المأكون ، وفضلا عن ذلك ، فانه كناحية ميكانيكية يمكن منع التغيرات الكبيرة فى مخلوط الاحماض الامينية الموجودة فى تجويف امعاء الطيور والحيوانات وحيدة المعدة ، ، ومع ان امتصاص الاحماض الاحماض الامينية يتم بغرض امداد الجسم والاعضاء بالغذاء ، الانه انه يحدث ايضا نتيجة توازن بين العليقة ومحتوى تجويف القناة الهضمية ونظام البروتين الداخلى فى الاعضاء .ومرور البروتين خلال مخاطية الامعاء فى الحيوانات الناضجة من الممكن ولكن لا يحدث ، وفى بعض الحالات الفردية يمكن ان يسبب فعل حساسية Allergic reaction ومع ذلك فان الثدييات حديثة الولادة يمكن لها نقل البروتين من طريق Pinocytosis وذلك خلال الساعات الاولى او الايام الاولى من الحياة ، ويكون لذلك اهمية وظيفة بالغة ن حيث يكون جنين الثدييات غير محتويا على اى انزيمات فى قناته الهضمية ، ونظرا لآنه يكون خاليا من الجاما جلوبيولين فان المضادات الوقائية التى يحملها من الام عن طريق ما تبقى فى امعائه هى التى تعطيه المناعة ، واذن كان لابد من عدم تكسيرها بالانزيمات ،وامتصاصها كما هى ، ولاسباب غير معروفة فان مخاطية الامعاء تفقد قدرتها هذه على امتصاص البروتين مع توقيت دخول البروتين اللبن إلى الأمعاء الذى يوائم فى نفس الوقت بلوغ تركيز الجاما جلوبين إلى مستواه فى البالغين ، وفى دراسة على الجاما جلوبين المشع اعطيت لخنازير حديثة الولادة اتضح ان الخلايا امتصت الجاما جلوبين حتى امتلئت ،وعند اذن لم تستطع الامتصا اكثر من ذلك ، ثم عبر الجاما جلوبين إلى اللمف ، وانتقال المناعة بامتصاص الجاما جلوبين من Colosrum يبدو نه يحدث فى كل الثدييات .

وامتصاص الأحماض الأمينية يكون بالنقل النشط وايضا بالنظام الحملى ، فقد وجد ان الأحماض الأمينية الطبيعية يبدو انها تشترك معا فى حامل مشترك والأحماض الأمينية القاعدية مثل اللايسين والارجنين تشترك فى نظامها الحملى مع اللتين ويكون معدل نقله من ١٠/١ إلى ٢٠/١ من معدل نقل الجلايسين والالانين (من الأحماض الطبيعية).

ويشترك البرولين والهيدروكسى برولين مع النتايين فى نظامهم الحملى (البيتايين: صورة من صور الكولين وهو احد مجموعة فيتامين ب المركب)

ويعتقد ان امتصاص حمض الجلوتاميك والاسبارتيك لا يتم بالنقل النشط .

ومن ناحية اخرى ، فان زيادة تركيز احماض امينية معينة يؤثر على احماض

امينية اخرى، اى ان المستويات العالية من الاحماض الأمينية لها علاقة ما بنقلها ، فمثلا:

الفينيل الانين والميثايونين يمكن ان يثبط كلا منها الاخر ومع ذلك ففى حالات معينة يعطى كلا منهما تأثيرا موجبا على نقل الاخر ، ونفس القول ينطبق على كل من الميثايونين والليوسين .

وتعتمد عملية امتصاص الاحماض الأمينية ايضا على ايون الصوديوم وعلى مركب البروديكسال فوسفات (من نواتج فيتامين ب٦ المسمى البيريدوكسين) ويعتقد ايضا ان نقل الأحماض الأمينية يشبه تلك التى للسكريات .

(٣) امتصاص الدهون :

معظم الناتج النهائى المهضوم للدهون بعد هضمها والذى يمكن ان يكون موجودا فى مخاطيا الأمعاء للامتصاص هو : الجلسريدات الاحادية، والأحماض الدهنية والجلسرين ، ويكون ذلك فى شكل مخلوط مستحلب بينها وبين املاح الصفراء ، وبعد دخول هذه النواتج الهضمية الثلاثة إلى خلية مخاطية الأمعاء يحدث لها بناء مرة اخرى إلى جلسريدات ثلاثية وتفرز فى اللمف فى صورة بروتينات دهنية Lipoproteins قليلة الكثافة تسمى chylomicron ومن دواعى النظر انه وجد ان تركيب الكايلوميكرون فى اللمف والذى مصدره خلية مخاطية الأمعاء المعنية بامتصاص الدهن من الغذاء يحتوى على احماض دهنية لا تشابه الجلسريدات الثلاثية فى الغذاء ، اذ أنه يشتمل على احماض دهنية مخلقة من مصادر اخرى فى الحيوان ، ويكون مصدرها امداد دهنى داخلى غير معروف .

وتخليق الجلسريدات الثلاثية فى الخلية المخاطية ثم دخولها إلى اللمف يحدث فقط فى الأحماض الدهنية طويلة السلسلة وفى الجلسريدات الأحادية ، اما الاخرى ذات السلاسل المحتوية على ١٠ ذرات كربون فأقل فتنتقل من غير استرة إلى الدم والجلسريدات المحتوية على الأحماض الدهنية متوسطة الطول يبدوا انها تدخل الخلية المخاطية بدون تحلل ولا يحدث لها التحلل إلا بعد دخولها الخلية بواسطة الليبيز والاستريز الموجود فى الجزء الميكروزومى للخلية ، وهذه الأحماض الدهنية المتوسطة الطول تترك الخلية لتدخل الدم .

وامتصاص العناصر الغذائية الاخرى من القناة الهضمية لا يختلف بين الحيوانات المختلفة .

الامتصاص من الأمعاء الغليظة:

أهم عنصر غذائى يمتص من الأمعاء الغليظة هو الماء ، وهو ثمة مشتركة فى جميع الفقاريات .

الباب الثانى

الأسس الكيميائية للتغذية

لا شك ان لدينا فكرة معقولة عن علم الكيمياء Chemistry ذلك العلم الذى يبحث فى خصائص المواد والعناصر والمركبات وكيفية اتحادها وتفككها وتفاعلاتها مع بعضها البعض ، ولا شك اننا نلم بمعرفة ما عن بعض فروع هذا العلم المترامى الاطراف مثل : الكيمياء العامة والطبيعية والغضوية والحيوية والتحليلية ، وفروع فروعها : مثل كيمياء الاصباغ وكيمياء الالياف ، وكيمياء الدهون وكيمياء المعادن وكيمياء الاراضى وكيمياء اللبن وكيمياء الهرمونات وكيمياء الخلية والكيمياء الوصفية والكيمياء الكمية والكيمياء الفسيولوجية .. وغيرها .

وكل فرع من هذه الفروع أو فروع الفرع متخصص فى دراسة مجموعة معينة من المركبات او المواد ذات الوظيفة العملية الواحدة ، ومن ثم تصبح هذه المركبات وتلك المواد موضوعا لفرع الكيمياء الذى يدرسها .

فما هى التغذية ؟

ليس من السهل الاجابة على هذا السؤال على اطلاقة فقد يختلف القصد من المعنى المراد هل هو علم التغذية بمعناه المحدد Nutrition science ام عملية التغذية كأجراء عملى يعتمد على اسس وقواعد معينة Feeding ام هو ذلك المجال العلمى الذى يشمل العلوم والفروع التى تمثل ذلك الجانب من العلوم التجريبية Nutrition field

ومع ذلك ستجد انه يصعب علينا وضع تعريفا جامعا مانعا للتغذية كعلم ، والسبب فى ذلك ان علم التغذية ليس علما يعنى بدراسة موضوع محدد كعلم الفيزياء Physics الذى يدرس طبيعة المادة وسلوكها ، او علم الكيمياء Chemistry الذى يدرس تركيب المادة وتفاعلاتها ، او علم الأحياء Biology الذى يدرس الكائنات الحية ،وانما هو يدرس علاقة غاية فى التعقيد بين المادة الميتة (الجماد) المادة الحية (الأحياء) .

فإذا نظرنا الى الوجود من حولنا أمكننا ان نميز بسهولة بين عالمين من الموجودات هما : عالم المادة (الجمادات) وعالم الحياة (الأحياء) فكل من اللبن والدهن والسكر والتبن والدقيق والماء والبسكويت والفول المدمس وكسب القطن والبيض المسلوق تنتمى الى عالم الجمادات بينما ينتمى كل من الاميبا والنحلة والثعبان والحمامة والدجاجة والعجل والقرد والإنسان الى عالم الأحياء .

فلو نظرت الى كتكوت قد فقس من بيضته بالأمس تجد ان وزنه حوالى ٥٠ جراما وهى ٥٠ جراما مادة حية ، وعندما تزنه بعد عدة أسابيع تجد ان وزنه قد فاق ١٥٠٠

جراما، وهى أيضا مادة حية ، ومعنى ذلك انه قد زاد أثناء هذه الفترة قرابة ١٤٥٠ جراما مادة حية ، فمن أين أتت إليه ؟؟ انه لم يتناول طوال هذه الفترة إلا عليقة (غذاء) وهو مادة ميتة (جماد) ، ولابد ان هذا الغذاء وهو مادة (جمادية) قد تحول الى مادة حية داخل جسم هذا الطائر ، وكون هذه الزيادة فى وزن المادة الحية فيه ، وهذا الذى حدث هو (التغذية)

أذن فالتغذية هى عملية عبور الخط الفاصل بين عالم الجماد (الممثل فى الغذاء) الى عالم الأحياء (الممثل فى الكائن الحى)

قال تعالى :

يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ وَيُحْيِي الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَكَذَلِكَ تُخْرَجُونَ ﴿١٩﴾ سورة آل عمران

ان عبور الخط الفاصل بين عالم المادة وعالم الحياة عبور محفوف باكثر دروب العلم غموضا واغناها بالاسرار فهل يتمكن الانسان اليوم او فى الغد القريب او البعيد من عبور هذا الخط !؟ ان العلم يقطع بان هذا مستحيل وليس سبب استحالته يرجع الى ان العلم الحالى عجز عن العبور بتقنياته ومعارفه الحالية وبالتالى من المحتمل ان يعبره فى المستقبل مع تقدم التقنية وزيادة المعارف . انما سبب استحالته انه عبور الى كنه الحياة الممثلة فى جوهر الانسان ذاته ومعرفة المخلوق لخلقه تمكنه من خلق نفسه وهذا محال عقلا وعملا وقد وعد الله تعالى بذلك فقال :

﴿ مَا أَشْهَدْتُهُمْ خَلْقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَا خَلْقَ أَنْفُسِهِمْ وَمَا كُنْتُ مُتَّخِذَ الْمُضِلِّينَ عَضُدًا ﴿٥١﴾ سورة الكهف ٥١

تعريف التغذية

يمكن تعريف التغذية Nutrition بأنها :

" العمليات المتتالية التي تتم على الغذاء بواسطة الكائن الحى لتحويلة الى نمو وتعويض التالف من أنسجته " (١)

(١) تعريف معجم جامعة اكسفورد عن :

Crampton E.W.& L.E. Lioyd, 1959 Fundamentals of nutrition W.H. Freeman and company. San Francisco.

او هى " عمليات تحويل الغذاء باعتباره مادة ميتة الى جزء من المادة الحية داخل كائن حى ما" (١)

ولما كان علم التغذية يقع بين عالمين" عالم الجماد " الذى يدرسه علم الكيمياء Chemistry وعالم الأحياء الذى يدرسه علم الأحياء Biology فلا شك ان يكون لموضوع التغذية جانبان :

جانب يتصل بالمادة والدخول من هذا الجانب إلى موضوع التغذية لا يكون الا بعلم الكيمياء ومن هنا تخصص أحد فروع الكيمياء كمدخل لموضوع التغذية تحت اسم كيمياء التغذية Chemistry of nutrition .

وجانب آخر يتصل بالحياة والدخول إليه يكون بعلم الأحياء وقد خصص فرع من فروعه كمدخل لموضوع التغذية تحت اسم علم التغذية الوظيفى " فسيولجيا التغذية Physiology of nutrition

وتقوم الأسس الكيميائية للتغذية على ركيزتين:

الأولى : دراسة المركبات أثناء تحولاتها الغذائية ، وهو مبحث لعلم الكيمياء الحيوية Biochemistry

والثانية : تقدير هذه المركبات وصفيا وكميا ، وهو مبحث لعلم الكيمياء التحليلية Analytical chemistry وسوف ندرس الركيزة الاولى من خلال المحاضرات النظرية فى هذا الكتاب ، فى حين تكون الركيزة الثانية هى موضوع التمارين العملية من خلال كتابنا فى تحليل وتقييم مواد العلف- الجزء الأول (٢) .

عناصر الغذاء

يمكن القول ان غذاء الحيوان والدواجن بشكل عام يشمل المادة العضوية الحيوية والعناصر المعدنية ذات الصلة بها ، وقد أمكن حصر المكونات الأساسية (كعناصر للغذاء) فى ستة أقسام يطلق عليها " العناصر الغذائية الرئيسية Major Nutrients وهى :

١- الكربوهيدرات	Carbohydrates	٢- الدهون	Lipids
٣- البروتينات	Proteins	٤- الفيتامينات	Vitamins
٥- العناصر المعدنية	Minerals	٦- المـــاء	Water

وفيما يلى نتحدث عن كل منها بالتفصيل من الناحية الكيميائية .

---

(٢) د/ خمساوى احمد الخمساوى (١٩٨٦) محاضرات فى علم التغذية المقارن – قسم الانتاج الحيوانى – كلية الزراعة – جامعة الازهر – القاهرة ص ٣

(٣) تحليل وتقييم مواد الاعلاف - للمؤلف - فى ستة اجزاء ، طبعة ١٩٩١ دار الهدى للنشر والتوزيع - القاهرة

الفصل الاول

الكربوهيدرات
CARBOHYDRATES

مقدمة

تتبع الكربوهيدرات المركبات العضوية التى تحتوى على مجموعة الدهيد او كيتون وعلى مجاميع الهيدروكسيل الكحولية ، ويعبر عن بنائها الاولى $C_mH_{2n}O_n$ ولهذه الصيغة عدد غير كبير من الشواذ ، وهذا التعريف المشار اليه – بصرف النظر عن كونه ليس على درجة مطلقة من الدقة – يسمح عموما ببساطة شديدة بوصف هذه المجموعة من المركبات العضوية المختلفة ككل .

ولا يعطى اى من تسمية هذه المركبات بالكربوهيدرات او صيغتها العامة تصورا واضحا عن خوصها الكيميائية او بنائها ، وعلاوة على ذلك فان اصطلاح (الكربوهيدرات) الذى اقترحه لاول مرة العالم الكيميائى شميث ينوه بفكرة ان هذه المركبات تعتبر هيدرات الكربون ، الا ان ذلك غير مضبوط على الإطلاق مما دعا الى اقتراح مصطلح جديد منذ عام ١٩٢٧ ليدل على هذه الطائفة من المركبات هو " الجلوكوسيدات Glycocids الا انه للأسف وجد صعوبة فى شق طريقه الى الأوساط الغذائية والكيميائية .

والكربوهيدرات مركبات ذات صفات متنوعة تختلف بشدة فيما بينها ، فتوجد من ضمنها مواد ذات أوزان جزيئيه مرتفعة وأخرى منخفضة ومواد قابلة للتبلور وأخرى غير متبلورة ومنها ما يذوب فى الماء ومنها مالا يذوب فيه ، وبعضها قابل للتحلل المائى والبعض غير قابل لذلك ويتأكسد بعضها بسهولة فى حين ان الآخر يقاوم نسبيا فعل عوامل التأكسد .... الخ .

اهمية الكربوهيدرات فى جسم الحيوان

(١) تعتبر الكربوهيدرات المواد التى تنتج الطاقة عند أكسدتها ، فهى من مصادر الطاقة فى الجسم

(٢) تعمل النواتج الوسطية الناتجة عن أكسدة الكربوهيدرات كمواد أساسية لبناء عديد من المركبات العضوية الحيوية الأخرى .

(٣) تدخل الكربوهيدرات فى تكوين عدد من المركبات ذات البناء الفريد او ذات التخصص النوعى كما هو الحال فى مجموعات الدم.

(٤) تكون او تدخل فى تكوين بعض البناءات الدعامية فى الجسم.

تقسيم الكربوهيدرات

تنقسم الكربوهيدرات الى مجموعتين هما :

(١) مجموعة السكريات ، وتسمى السكريات الحقيقية True saccharides او السكريات البسيطة Simple saccharides

(٢) مجموعة اللاسكريات وتسمى ايضا السكريات غير الحقيقية Non-Saccharides او السكريات العديدة Polysaccharides وتشمل المجموعة الاولى قسمين هما :

أ- احادية التسكر Monosaccharides

وهى السكريات التى لا يمكن تحليلها الى وحدات سكرية ابسط منها ، وتتراوح عدد ذرات الكربون فى جزيئات هذه الافراد بين ثلاث و عشرة ذرات كربون ومن امثلة هذا القسم الجلوكوز ، الفركتوز ، الريبوز .... الخ .

ب- قليلة التسكر Oligosaccharides

وهى سكريات مركبة ولكنها ابسط من عديدة التسكير ، وتتكون نتيجة تكاثف جزيئين او ثلاثة او اربعة من السكريات الاحادية تكثيفا اثيريا مع فقد عدد من جزيئات الماء اقل بواحد من عدد جزيئات السكر ، واغلب الوحدات المتكثفة تكون من الهكسوزات والبنتوزات.

ويضم هذا القسم ثلاثة انواع تبعا لعدد وحدات السكر المتكاثفة فى الجزيئ :

* **ثنائية التسكر Disaccharides**:وتتكون من تكاثف سكرين احاديين ومن امثلتها السكروز والمالتوز واللاكتوز .

* **ثلاثية التسكر Trisaccharides**:وتتكون من تكاثف ثلاثة سكريات احادية ومن امثلتها الرافينوز

* **رباعية التسكر Tetrasaccharides**: وتتكون من تكاثف اربعة سكريات احادية ومن امثلتها الستاكيوز .

والنوعان الاخيران نادرا الوجود فى اغذية الحيوانات والدواجن ، ولذلك لن نوليهما اهتماما كبيرا .

وتشمل المجموعة الثانية قسمين هما :

أ – متجانسة التسكر Homopolysaccharides

وينتج عن تحليلها نوع واحد من السكريات الاحادية ، ومن امثلتها النشا ، الجلايكوجين والسيلولوز ، وشبيه السليولوز ، وجميعها ينتج الجلوكوز فقط عند تحللها.

ب- غير متجانسة التسكر Hetropolysaccharides

وينتج عن تحللها اكثر من نوع واحد من السكريات الاحادية ومن امثلتها الهيبارين ، وهى اقل اهمية فى غذاء الحيوان .

السكريات البسيطة (الحقيقة)
SIMPLE SACCHARIDES

السكريات الاحادية Monosaccharides

تحتوى افراد هذه المجموعة كما سبق القول على ذرات كربون تتراوح بين ٣-١٠ ذرات فى الجزيئ ، والمعروف منها ما يقرب من سبعين فردا ، يوجد حوالى ٢٠ منها فى

الطبيعة ، و توضح الأشكال ٢ ، ٣ ، ٤ التنسيق البنائى للسكريات الأحادية من الثلاثية الى السباعية.

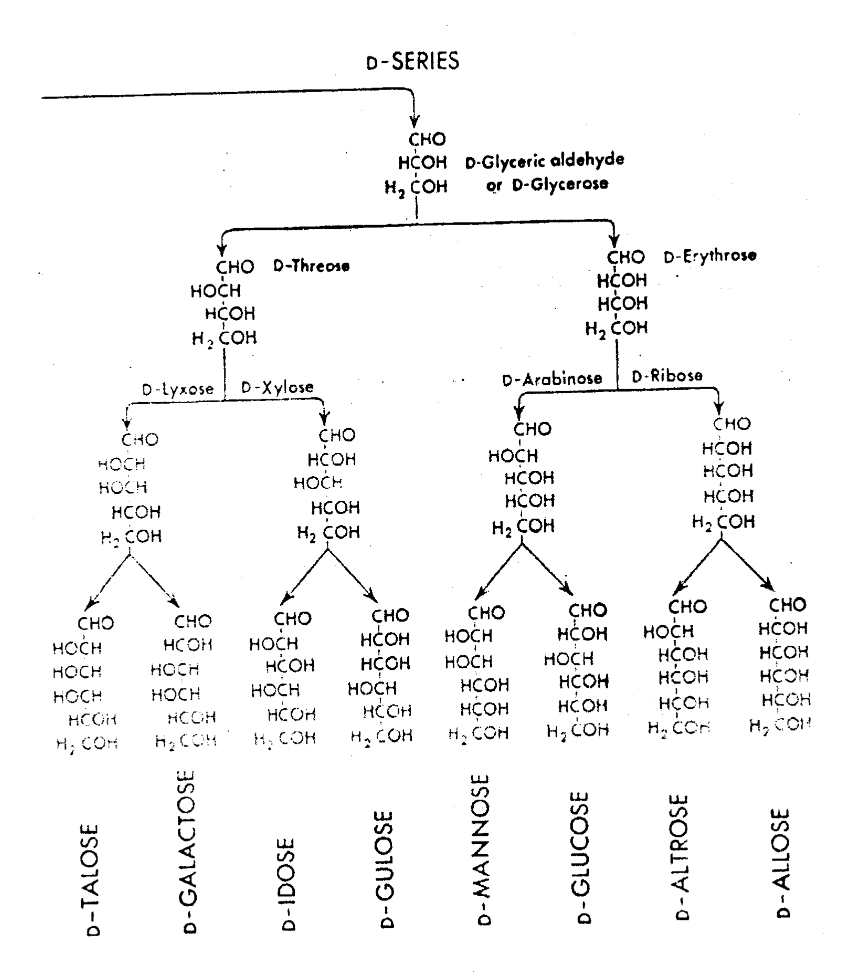
(١) عدد ذرات الكربون

يسمى السكر تسمية عددية حسب عدد ذرات الكربون فيه مضافا اليها مقطع(-وز Ose) اى سكر باليونانية ، وهى على ثمانية اقسام:

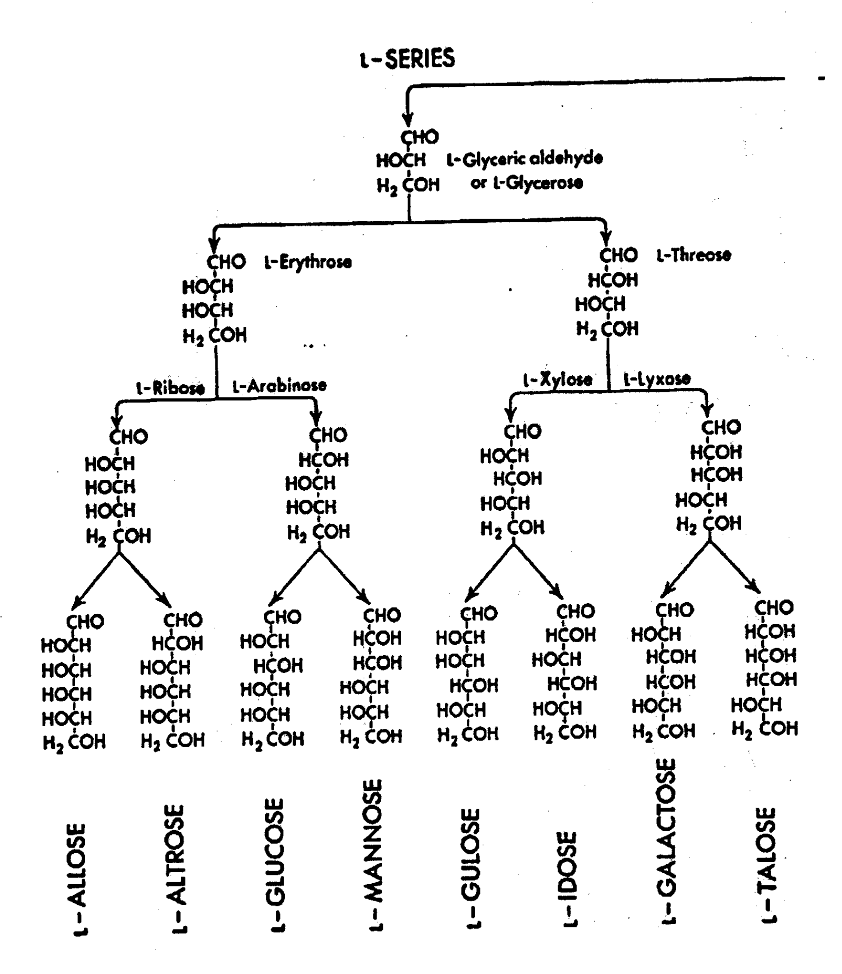
$C_3H_6O_3$	Trioses	ترايوزات
$C_4H_8O_4$	Tetroses	تتروزات
$C_5H_{10}C_5$	Pentoses	بنتوزات
$C_6H_{12}O_6$	Hexoses	هكسوزات
$C_7H_{14}O_7$	Heptoses	هبتوزات
$C_8H_{16}O_8$	Octoses	اوكتوزات
$C_9H_{18}O_9$	Nonoses	نونوزات
$C_{10}H_{20}O_{10}$	Decoses	ديكوزات

(٢) وضع مجموعة الكربونيل

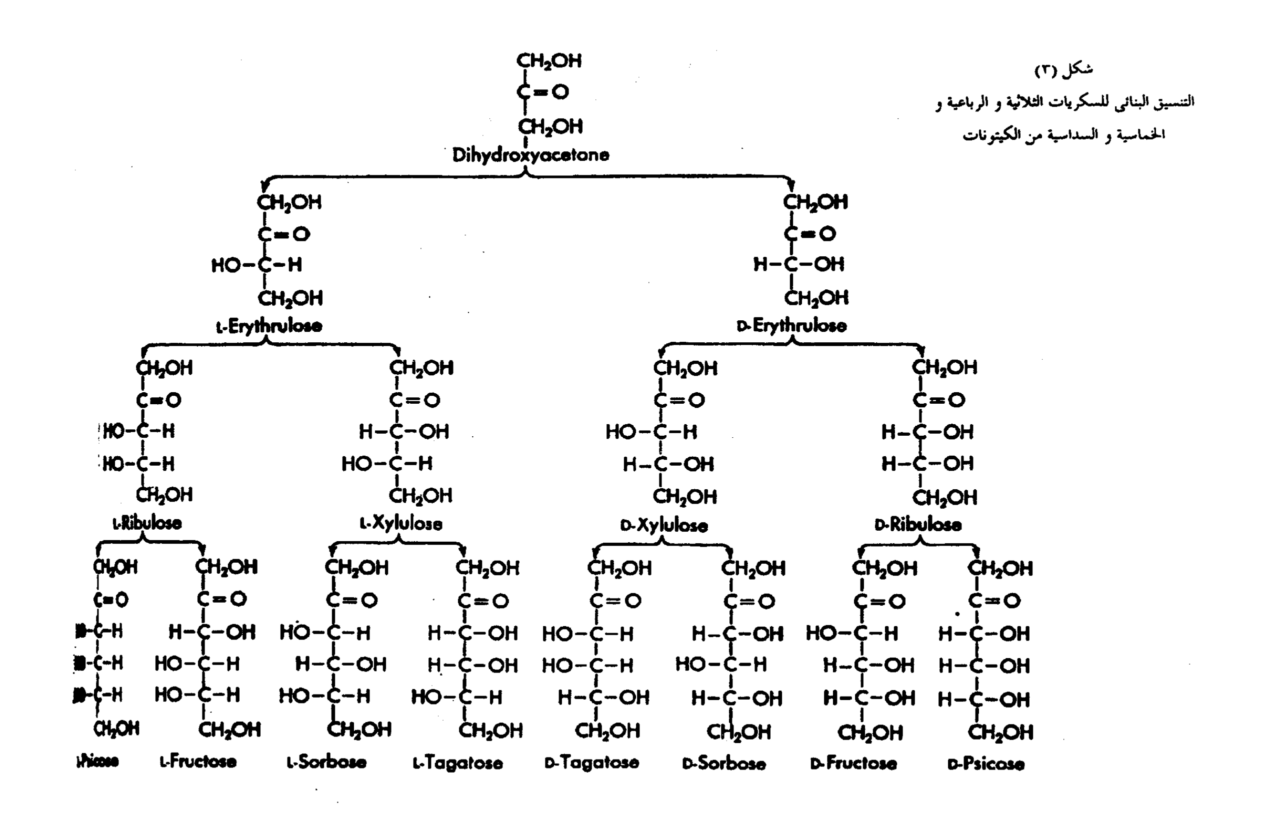
ويكون ذلك فى صورتين وهما (الالدوزات Aldoses) و (الكيتوزات Ketoses) وتمثل مجموعة الكربونيل فى الاول وضعا طرفيا مكونة مجموعة الدهيد، وفى الثانية وضعا وسطيا مكونة مجموعة كيتون وتميز الالدوزات بمقطع (-وز Ose) فى اسم السكر اما الكيتوزات فتميز بمقطع (يولوز Ulose).



شكل (٢) التنسيق البنائى للسكريات الأحادية الثلاثية و الرباعية



و الخماسية و السداسية من الألدوزات



شكل (٣)
التنسيق البنائى للسكريات الثلاثية و الرباعية و
الخماسية و السداسية من الكيتونات

D-sedo-heptulose	L-per-seulose	D-gluco-heptulose	L-gluco-heptulose	D-manno-heptulose
CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH
C=O	C=O	C=O	C=O	C=O
HO—C—H	HO—C—H	H—C—OH	HO—C—H	HO—C—H
H—C—OH	H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH	HO—C—H
H—C—OH	H—C—OH	H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH
H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH	HO—C—H	H—C—OH
CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH	CH_2OH

شكل (٤) بعض السكريات السباعية

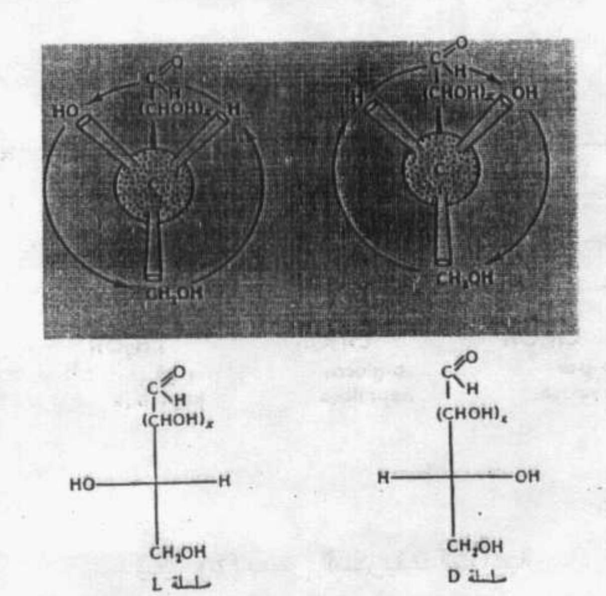
(٣) التماثل البنائى

نظرا لوجود ذرات كربون غير متماثلة فى جزيئات السكريات الاحادية ، فإن بناءها يكون لاتماثليا ، لذلك تتميز هذه المركبات بالايزوميرية الضوئية او ايزوميرية المرآة ، ويقدر عدد الايزوميرات الضوئية **(X)** للسكريات الاحادية من المعادلة :

$X = 2^n$ حيث **n** عدد ذرات الكربون غير المتماثلة فى الجزئ وعلى سبيل المثال يكون للتتروز اربعة استريوايزميرات وللبنتوز ثمانية وللهكسوز ستة عشر .

وتسمى اشكال السكريات الاحادية المبنية بنظام المرآة بالانتبودات (**Antipodes**) بمعنى " الواقعة على الوجه المقابل " ويطلق على مخاليط الجزيئات المتكافئة او المركبات الناتجة عن ارتباط الأخيرة بعضها اسم (المخاليط الرسمية).

وتوجد ضمن الايزوميرات الضوئية للسكريات الاحادية مجموعتان (يمينية ويسارية) تبعا لبناء الطرف البعيد للجزئ (ويقصد به الطرف البعيد عن مجموعة الكربونيل) وتتبع المجموعة اليمينية **(D)** جميع السكريات الاحادية التى تكون فيها كل من ذرة الهيدروجين ومجموعتى الهيدروكسيل والهيدروكسى ميثيل المرتبطة بذرة الكربون قبل الاخيرة فى الجزئ بحيث يتبع ترتيبها فى الفراغ اتجاة عقارب الساعة ، بينما تتبع المجموعة اليسارية **(L)** تلك السكريات الاحادية التى ترتب المجموعات السابقة فى الفراغ فى عكس اتجاه عقارب الساعة.



شكل (٥) تحديد البناء ا لايزوميرى للسكريات

(٤) زاوية دوران الشعاع

ويقصد بها قدرة المركب على إحداث إنحراف للضوء المستقطب المار فيه الى جهة اليمين او اليسار ، وتنقسم السكريات من حيث قدرتها على إحداث انحراف الضوء المستقطب والتى تسمى بظاهرة (النشاط الضوئى) الى مجموعتين (يمينية ويسارية) ولا يوجد هناك اى علاقة بين النشاط الضوئى ان كان يمينا او يساريا وبين كون المركب فى ترتيبه البنائى السابق ذكره يكون يمينيا او يساريا ، ويشار الى النشاط الضوئى للسكر بوضع علامة (+) أو (-) بين قوسين قبل اسم السكر والحرف الدال على تناظره البنائى فيدل الرمز (+) على انه يحرف الضوء فى اتجاة اليمين ، والرمز (-) على انه يحرف الضوء ناحية اليسار .

وعلى سبيل المثال يتبع سكر { D(+) – Glucose} المجموعة اليمينية من حيث ان ترتيب مجموعات الهيدروجين والهيدروكسيل والهيدروكسى ميثيل المرتبطة بذرة الكربون الاخيرة فى الجزء يتبع اتجاة عقارب الساعة وفى نفس الوقت يحرف الضوء المستقطب الى جهه اليمين ، فى حين (D(-)- Fructose) يعنى ان هذا السكر يتبع المجموعة اليمينية كما فى المركب السابق ولكنه يحرف الضوء المستقطب الى ناحية اليسار .

التحولات الايزوميرية الديناميكية (الحلقية – السلسلية)

للسكريات الاحادية صورة حلقية (دائرية) وصورة على هيئة سلاسل كربونية مستقيمة ، وتكون كلتا الصورتين فى اتزان ديناميكى، ويتم قفل الحلقة باقتراب مجموعة

كربونيل السكر الاحادى من مجموعة الهيدروكسيد الموجودة على ذرة كربون تكون على بعد ثلاثة او اربعة ذرات كربون من مجموعة الكربونيل ، ويرتبط الاكسجين فى مجموعة الكربونيل بمجموعة الهيدروكسيل وينتج عن ذلك تكون مجموعة هيدروكسيل جديدة يطلق عليها اسم الهيدروكسيل الجلوكوزيدى شكل (٦ ، ٧).

β-D-glucose +19°

Chain form of D-glucose, only trace present

α-D-glucose +112°

شكل (٦) التحولات الحلقية السلسلية لسكر الجلوكوز

pyranose structure

pyran

furanose structure

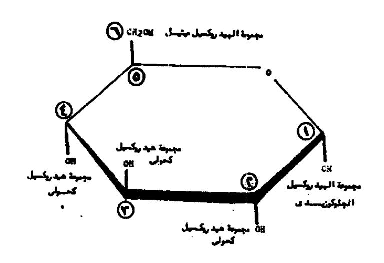
furan

شكل (٧)
الحلقات السداسية
و الخماسية
للسكريات الحلقية

وينتج من ذلك حلقة خماسية (فيوران) او سداسية (بيران) كما فى شكل ٧ وتشير الخطوط الغليظة فى نموذج شكل (٨) الى الروابط بين ذرات الكربون التى تتجه ناحية المشاهد بينما الخطوط الرقيقة الى الروابط التى تقع خلف مستوى الورقة ويسهل من ذلك ادراك الشكل الفراغى للصيغة الحقيقية وتترتب ذرات الهيدروجين ومجاميع الهيدروكسيل الى اعلى والى اسفل مستوى الحلقة غير المتجانسة.

وحيث انه فى اللحظة التى تقفل فيها الحلقة تتحول ذرة الكربون التى كانت اصلا مجموعة كربونيل الى ذرة غير متماثلة ، فان ظهور الصورة الحلقية يكون مصحوبا بظهور ايزوميرين ضوئيين جديدين ، ويطلق على احدهما الذى يكون فيه الهيدروكسيل

الجليكوزيدى متجها فى نفس اتجاة الهيدروكسيل الكحولى المتصل بذرة الكربون قبل الاخيرة (التى تحدد تبعية السكر الى المجموعة **(D)** أو **(L)** اسم الصورة **(∝)** بينما يطلق على الصورة المضادة اسم الصورة **(ß)** .



شكل (٨) مجموعات الهيدروكسيل فى سكر الجلوكوز

وتوجد السكريات الاحادية فى حالتها البللورية على هيئة صورة حلقية فقط وتوجد للصورة الحلقية ٨ اشكال فراغية ، اكثرها انتشارا صورة (***المركب***) و صورة (***الكرسى***) شكل (٩).

شكل المركب	شكل الكرسى
(العلامة المختصرة لها B من كلمة boat)	(العلامة المختصرة لها هى C من كلمة chair)

شكل (٩) صورتا المركب و الكرسى الفراغيتان للسكريات

والسكريات الشائعة فى غذاء الحيوان والدواجن جميعها من الصورة **(D)** حيث ان الصورة **(L)** نادرة الوجود فى الغذاء الطبيعى كما انها صورة غير قابلة للامتصاص من امعاء الحيوانات الراقية. ومن ناحية اخرى فان معظم السكريات التى توجد فى الغذاء هى من البنتوزات مثل الريبوز والريبوفوز والزيلوز ومن الهكسوزات مثل : الجلوكوز ، والجلاكتوز والفراكتوز والمانوز ، ونادرا ما تكون من الهيباوزات مثل : السيدوهبتوز وجميع هذه السكريات المذكورة من الالدوزات فيما عدا الريبولوز والفركتوز فهى من

الكيتوزات ومن ناحية اخرى يندر وجود السكريات الاحادية منفردة فى الطبيعة فيما عدا الجلوكوز والفركتوز ، وجميعها توجد مرتبطة فى السكريات المركبة سواء قليلة التسكير او عديدة التسكير .

السكريات قليلة التسكر
OLIGOSACCHARIDES

يجدر بنا ان نتعرف على نوعي مجموعتى الهيدروكسيل فى السكر الاحادى ، حيث تسمى مجموعة الهيدروكسيل التى تكونت نتيجة اغلاق حلقة السكر السداسية " بمجموعة الهيدروكسيل الجليكوزيدى " كما سبق شرحة ، وتسمى مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على ذراة الكربون الاخرى بمجموعات الهيدروكسيل الكحولية حيث يبدأ ترقيم ذرات الكربون من ذرة الكربون التى كانت مكونة لمجموعة الالدهيد أو الكيتون والتى اغلقت الحلقة عندها والتى تحمل مجموعة الهيدروكسيل الجلوكوزيدية فتكون هى رقم (١) ، ومن ثم تكون مجموعات الهيدروكسيل الكحولية قد اصبحت على ذرات الكربون ارقام ٢،٣،٤،٦.

شكل (١٠) الرابطة الفا (١ – ٤) و الفا (١ – ٦)

وفى جميع السكريات العديدة يتم الاتحاد مع مجموعات الهيدروكسيل الجلوكوزيدية او الكحولية التى على ذرات الكربون ارقام ٤ او ٦ شكل (١٠) ومجموعة الهيدروكسيل

الجلوكوزيدية هى المجموعة الوحيدة فى جزئ السكر التى تعطى التفاعلات الخاصة بمجموعة الالدهيد او الكيتون ، بمعنى انها قابلة للأكسدة والاختزال فى حين ان مجموعة الهيدروكسيل الكحولية ليس لها هذه الخواص وعلى ذلك يكون هناك نوعان من ارتباط السكريات الاحادية مع بعضها البعض لتكوين السكريات الثنائية او العديدة ينتج عنها نوعيين رئيسيين من هذه السكريات يعرف احدهما بالسكريات المختزلة والاخرى بالسكريات غير المختزلة .

أولا : السكريات المختزلة Reducing Saccharides

وفيها يكون الاتحاد بين السكر الاحادى والاخر بين مجموعة الهيدروكسيل الجلوكوزيدية فى احداها ومجموعة الهيدروكسيل الكحولية فى الاخر شكل (١١) ويسمى هذا الاتحاد جلوكوزيد – جلوكوز ، وتسمى السكريات الثنائية المتكونة عن هذا الاتحاد من النوع " مالتوز Maltose"

ويترتب على هذا النوع من الاتحاد ان تبقى مجموعة الهيدروكسيل الجلوكوزيدى حرة فى الجزئ ، وبالتالى تظل خصائص هذه المجموعة باقية فى جزئ السكر الثنائى مثل:

المالتوز Maltose

وهو سكر المولت Molt Suger وينتج من تحلل النشا ، وهو بدوره يتحلل الى جزئين من الفا – د- جلوكوبيرانوز تحت تأثير الاحماض المعدنية المختلفة او انزيم المالتيز Maltase ويوضح شكل ١١ التركيب البنائى للمالتوز .

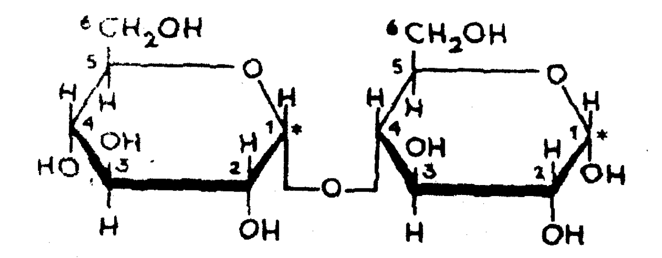
اللاكتوز Lactose

وهو سكر اللبن ويتكون من بيتا – د جلوكوز و بيتا – د –جلاكتوز وكلا السكرين الاحاديين من نوع بيتا ويتحلل الاكتوز بواسطة الاحماض المخففة او انزيم اللاكتيز Lactase شكل ١١.

ثانيا السكريات غير المختزلة Non–Reducing Saccharides

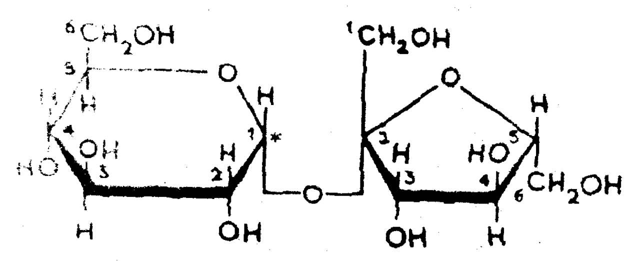
وفيها يكون الاتحاد بين السكر الاحادى والاخر مع مجموعة الهيدروكسيل الجلوكوزيدى فى كل منهما شكل (١١) ويسمى الاتحاد (جلوكوزيد- جلوكزيد) وتسمى السكريات الثنائية المتكونة عن هذا الاتحاد من النوع (تريهالوز Trehalose) ويترتب على هذا النوع من الاتحاد ان تفقد كل من مجموعتى الهيدروكسيل الجليكوزيدى فى الجزئين الاحاديين المكونين للسكر الثنائى قدرتهما الاختزالية ، وبالتالى يفقد السكر خواصه الإختزالية ، ولذلك يسمى نوع السكر المتكون بهذه الطريقة بسكر غير مختزل ، ومن افراد هذه المجموعة : السكروز

MALTOSE (*a* FORM)



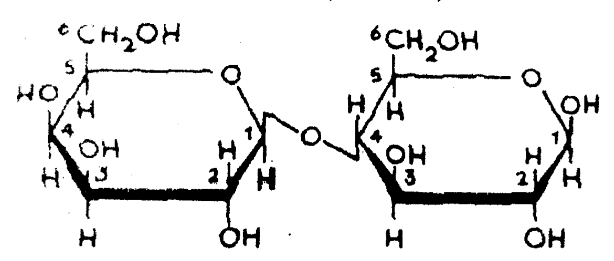
O-*a*-D-Glucopyranosyl-(1→4)-*a*-D-glucopyranoside

SUCROSE



O-β-D-Fructofuranosyl-(2→1)-*a*-D-glucopyranoside

LACTOSE (β FORM)



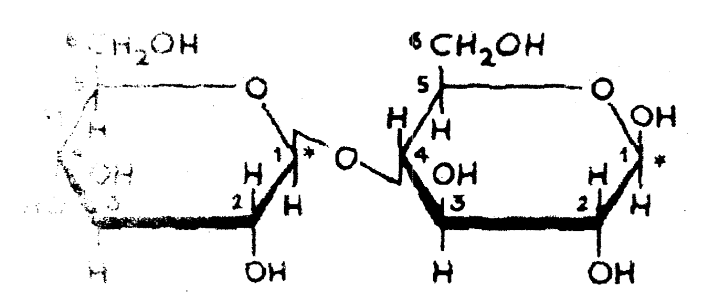
O-β-D-Galactopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranoside

شكل (١١) : انواع من الروابط الجلوكوزيدية للسكريات

TREHALOSE (α FORM)

Glucopyranosyl-(1→1)-α-D-glucopyranoside

CELLOBIOSE



Glucopyranosyl-(1→4)-β-D-glucopyranoside

شكل (١٢) : انواع اخرى من الروابط الجلوكوزيدية

القدرة على الاختزال ، ويسمى هذا النوع من السكريات الثنائية بالسكريات المختزلة او جنتيوبيوز Gentiobiose ومن أفراد هذه المجموعة المانوز Mannose واللاكتوز Lactose شكل (١١) والسليوبيوز Cellubiose شكل (١٢).

السكروز Sucrose

وهو سكر القصب ، ويتكون من الفا – د – جلوكوبيرانوز بيتا – د – فركتوفورانوز شكل (١١) ويتحلل هذين السكرين بواسطة انزيم الانفرتيز Invrrtase

السكريات العديدة (غير الحقيقية)

وتنقسم الى قسمين هما :

السكريات العديدة المتجانسة Homopolysaccharides

وهى مركبات معقدة يحتوى كل مركب منها على نوع واحد من السكر الاحادى ، وينتمى الى هذا القسم كل من النشا Starch ، الجلايكوجين Glyogen والسيليلوز Cellulose الدكسترون Dextron وهذه الاربعة تتكون من الجلوكوز ، والشيتن Chitin ويتكون من احد مشتقات الجلوكوز الامينية ، والانيولين Anulin ويتكون من الفركتوز ، المانان Mannin ويتكون من المانوز والجلاكتان Galctin ويتكون من الجلاكتوز والارابان Araban ويتكون من الارابيتوز

السكريات العديدة غير المتجانسة Hetroplysaccharides

وهى مركبات يحتوى الواحد منها على انواع مختلفة من السكر الاحادى ، ويدخل ضمن هذا النوع من السكريات كل من : الهيبارين Heparin ومواد مجاميع الدم والكندرتين حامض الكبريتيك.

ونتكلم عن اهم انواع السكريات العديدة من الناحية البنائية فيما يلى :

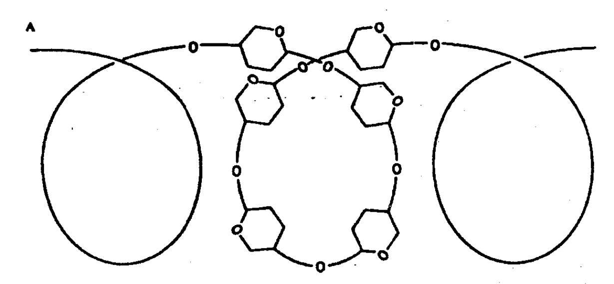
النشـــا
STARCH

يوجد النشا فى المملكة النباتية فقط ، فيخزن فى الحبوب والدرنات والثمار فى صورة حبيبات تعرف بالحبيبات النشوية Starch grains وتتبعج حبيبات النشا فى الماء الساخن (٦٠- ٨٠م) وينتج مخلوط من مركبين عديدى الجلوكوزيد لهما اوزان جزئية عالية هما : الاميلوز Amylose والاميلوبكتين Amylopectin ويكون الاميلوز الطبقة الداخلية للحبة النشوية ، وهو يذوب فى الماء ويلون اليود باللون الازرق الداكن ويمثل ثلث وزن حبة النشا تقريبا فى حين يكون الاميلوبكتين الطبقة الخارجة ولا يذوب فى الماء ويكون محلولا غرويا ويعطى لونا ارجوانيا خفيفا مع اليود .

الاميلوز Amylose

يتكون الاميلوز من سلسلة مستقيمة طويلة تحتوى على ٣٠٠ وحدة من بواقى [الفا – د – جلوكوبيرانوز] متصلة ببعضها بواسطة روابط جلوكوزيدية من النوع الفا (١-٤) فقط بمعنى ان جسور الاكسجين تنشأ على حساب اتصال الهيدروكسيل الجلوزيدى الموجود على ذرة الكربون الاولى لاحد جزيئات الالفا – د – جلوكوبيرانوز بالهيدروكسيل الكحولى المتصل بذرة الكربون الرابعة للجزئ الآخر (شكل ١٣) الا ان هذه السلسلة المستقيمة للاميلوز تكون على هيئة وحدات مجمعة فى انتظام حلزونى ، وتتكون كل وحدة من ست بقايا من الجلوكوز شكل (١٤) .

شكل (١٣) الأميلوز



شكل (١٤) الشكل الحلزونى للأميلوز

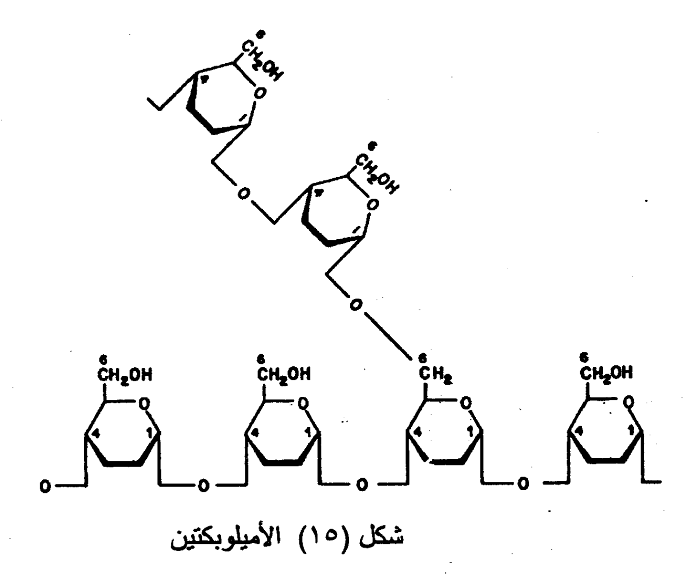
الاميلوبكتين Amyobectin

الاميلوبكتين يتكون من سلاسل متشعبة تحتوى كل شعبة منها على ١٨ وحدة من بقايا الجلوكوز تتبادل مع وحدات قصيرة ذات ثمان وحدة (شكل ١٥) .

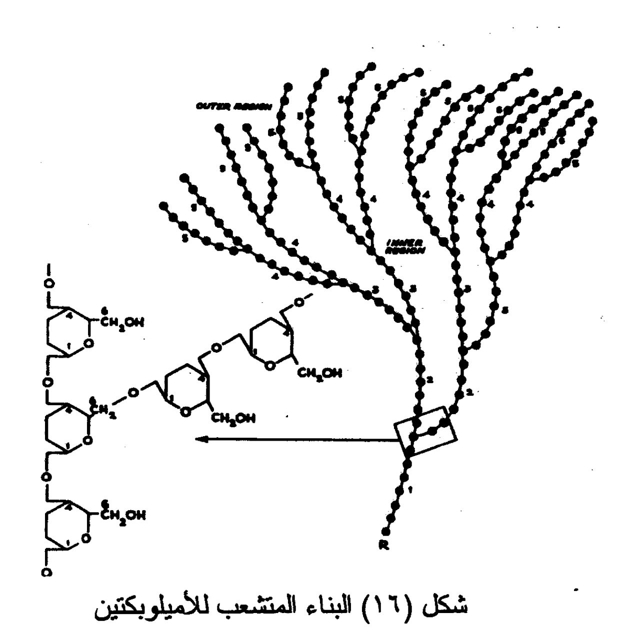
وتتكون السلسلة الواحدة من الفا – د جلوكوبيرانوز بروابط جليكوزيدية (الفا ١-٤) مثل الاميلوز بينما ترتبط السلاسل فيما بينها بروابط جلوكوزيدية من النوع (الفا ١-٦) لتعطى الجزء المتشعب من جزئ الاميلوبكتين فى (شكل١٦)

الجليكوجين
Glycogem

يعتبر الجليكوجين المادة الغذائية المخزنة فى اجسام الانسان والحيوانات وهو يذوب جيدا فى الماء الساخن ، ويعطى تفاعلات لونية مع اليود ، وهو اقرب الى الاميلوبكتين منه الى الاميلوز ، بل هو يشبه الاميلوبكتين الى حد كبير من حيث التركيب البنائى إذ أن بناءهما واحد الا ان الاختلاف ينحصر فى ان متوسط طول سلاسل جزئ الجليكوجين التى ترتبط بالرابطة الفا (١-٦) قصيرة (١٢جلوكوبيرانوز) فى حين انها فى الاميلوبكتين طولها ٢٠ وبهذا يكون جزئ الجليكوجين اكثر تماسكا .



شكل (١٥) الأميلوبكتين



شكل (١٦) البناء المتشعب للأميلوبكتين

السليولوز

Cellulose

ويعتبر السليولوز السكر العديد البنائى الرئيسى فى النباتات ، ويمثل الجزء الاكبر من مصادر الالياف او الكربوهيدرات عموما فى غذاء المجترات ، ويتكون السيلولوز من العديد من بقايا (بيتا – د – جلوكوبيرانوز) مرتبطة مع بعضها بروابط (بيتا ١-٤) بطريقة خطية وهو يشبه فى ذلك الاميلوز ، شكل (١٧) ويكون شكل بيتا – د – جلوكوبيراموز على شكل كراسى شكل (١٨) ويتشابه الاميلوز مع السيلولوز تماما فى كل شئ الا فى اربعة فروق هى :

الفـــــــــروق	الاميلوز	السليولوز
وضع الهيدروكسيد الجلوكوزيدى	فى الوضع الفا	فى الوضع بيتا
الشكل الفراغى للحلقة السداسية للجلوكوز	شكل مركب	شكل كرسى
طول الســـــلسلة	قصيرة حوالى ٣٠٠ من بواقى الجلوكوز	طويلة جدا تبلغ عدة الاف من بواقى الجلوكوز
الوزن الجزيئى	٢٠ – ٢٠٠ الف	١٠ – ٢٠ مليون

الدكسترين

DEXTRIN

يحتوى جزئ الدكسترين على عدد اقل من الوحدات الجليكوزيدية (الجلوكوز) وهو يشبة بنائيا جزئ الاميلوز ولكنه اصغر منه ولذلك فهو يتكون كناتج (وسطى) لتحليل النشا مائيا الا انه ايضا يوجد على حالته هذه فى الطبيعة اينما وجد النشا فى النبات ويعرف باسم " صمغ النشا "او "الصمغ الانجليزى" ويعتقد ان وجوده فى النبات يمثل الحلقات الوسطية فى تخليق النشا ، ويوجد الدكسترين ايضا فى عسل النحل ويتميز الدكسترين عن النشا فى انه يذوب فى الماء ولا يعطى المظهر الغروى Gel اذا سخن محلوله كما فى النشا كما ان مذاقه حلو .

Cellulose type structure,
4-D-glucopyranosyl-β-D-glucopyranoside linkages

شكل (١٧) السيليلوز

شكل (١٨) الشكل الفراغى للجلوكوز فى السيليلوز

الدكستران
DEXTRAN

هو مركب يشبه النشا الى حد كبير وهو متفرع مثل الاميلوبكتين ولكن اقل تفرعا وهو يخلق بواسطة الاحياء الدقيقة وخاصة البكتريا ، وللدكستران وزن جزيئ عالى جدا فله اعلى وزن جزيئ فى المركبات الكربوهيدراتية إذا يتراوح بين ١٢ مليون ومليار .

الانيولين
ONULIN

وهو من مجموعة الفركتوزنات ويتكون من سكر الفراكتوز D- fructose وهو مسحوق ابيض شحيح الذوبان فى الماء البارد ، ولكنه سهل الذوبان فى الماء الساخن ويوجد بكثرة فى الداليا والطرطوفة وبعض جذور الدرنيات والانيولين لاتوجد له انزيمات هاضمة فى القناة الهضمية للحيوانات الراقية ومن ثم فهو ان وجد فى الغذاء فإنه يمر بالقناة الهضمية من غير هضم الا فى المجترات .

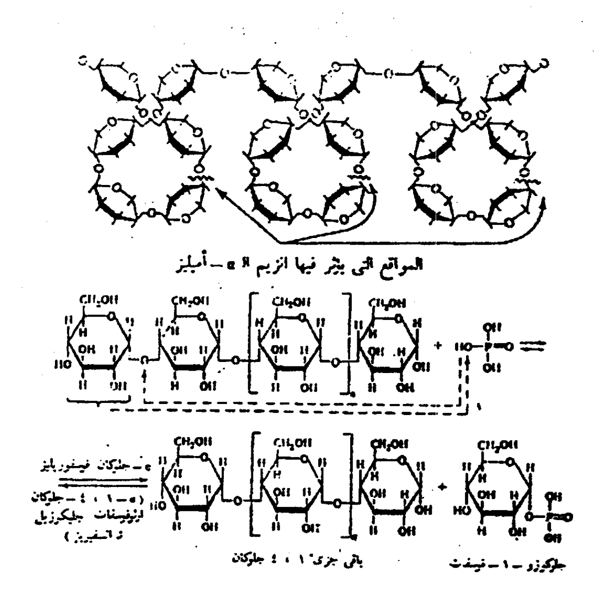
هضم الكربوهيدرات
DIGESTION OF CARBOHYDRATES

يتم هضم السكريات العديدة والقليلة التسكر الى مركبات ابسط عن طريق نوعين من التفاعلات هما : التحلل المائى ، والتحلل الفوسفورى .

ويتم التحلل المائى فى القناة الهضمية للحيوانات الراقية والطيور بواسطة نوعين من الانزيمات المحللة للنشا هما:

انزيم الفا اميليز: α- amylase

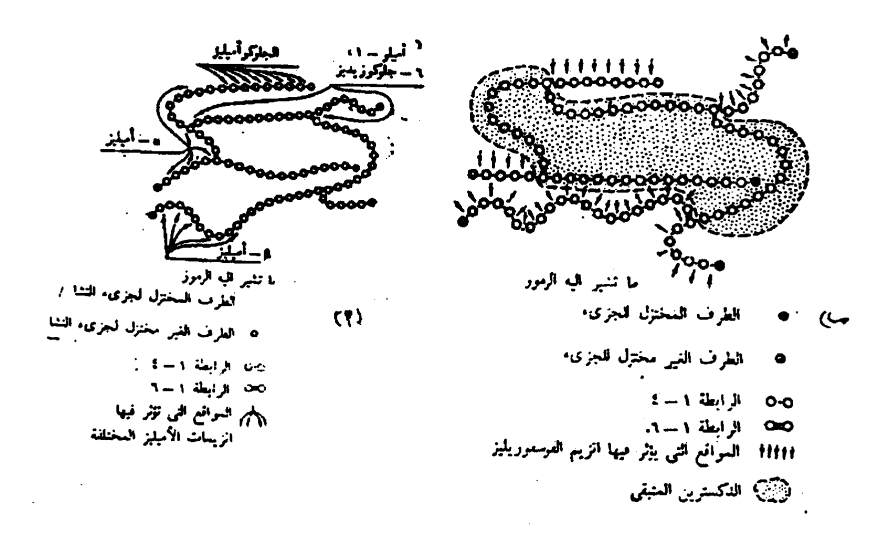
ويقوم هذا الانزيم بتحليل الروابط الجليكوزيدية من النوع ١-٤ والتى توجد فى جزيئات النشا، ويحدث ذلك التحلل دون نظام معين ، ولذلك تنتج فى بداية التحلل سكريات قليلة التسكر ثم تتعرض بدورها بعد ذلك لفعل انزيم الالفا اميليز مرة اخرى ، ويكون المالتوز بمثابة الناتج النهائى الرئيسى فى عملية تحلل النشا مائيا بمساهمة الالفا مالتيز ، وذلك نظرا لان السكريات الثنائية ذات الرابطة ١-٤ لاتتحلل مائيا بفعل هذا الانزيم شكل (١٩).



شكل (١٩) فعل انزيم الأميليز على الرابطة (١ – ٤)

انزيم اميليو ١،٦ جلوكوزيديز Amylo 1,6 glucosidase

وهو يحلل جزئ النشا عند اماكن تفرع سلسلة عديد الجليكوزيد، ويكون السكريات قليلة التسكر شكل (٢٠).



شكل (٢٠) فعل انزيم اميلو- ١-٦ جلوكوزيديز على الرابطة (١ – ٦)

امـا الانزيمـات المحللـة للسـكريات الثنائيـة الاكثـر شـيوعا فـى غـذاء الحيـوان والدواجن فهى ثلاثية:

السكريز او (الانفرتيز) المحلل لسكر القصب الى جلوكوز وفركتوز

الاكتيز المحلل لسكر اللبن الى جلوكوز وجلاكتوز

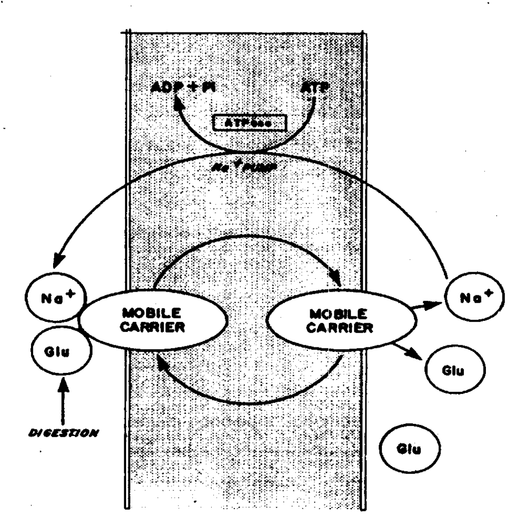
المالتيز المحلل لسكر الشعير الى جلوكوز.

وغالبا مايتم الهدم فى القناة الهضمية بهذه الصورة السابقة (التحلل المـائى) امـا التحليل الفوسفورى فهو يحدث فى الكبد والعضـلات ، ويختلـف عن التحلل المـائى انـه يضـيف الـى المـواد الناتجـة من التحليل جزئ حمض الفوسفوريك فى حين ان التحلل المائى يضيف جزئ الماء.

امتصاص السكر Sugar absorption

المركب الحامل للسكر غير متحرك فى غيـاب ايـون الصـوديوم ويكـون متحـرك فى وجوده وفى شكل (٢١) توضيح لامتصاص الجلوكوز و يتضح ان الجلوكوز يشترك

مع الحامل وايون الصوديوم فى الخميلة الدقيقة ويرحلون معا الى الجانب القريب من الغشاء حيث يفترقون فينطلق الجلوكوز وايون الصوديوم الى السيتوبلازم ، ويخرج الصوديوم الى خارج الخلية حتما بالنقل النشط ، واما الجلوكوز فيبقى فى السيتوبلازم ، وعلى ذلك فهو لاينقل بدون الصوديوم ، او بمعنى اخر فان السكر يحتاج الى ايون الصوديوم لحركته ولكن ايون الصوديوم يحتاج الى طاقة من ATP لنقله النشط الى خارج الخلية ، والطاقة المخزنة فى ATP التى تفتقد خلال امتصاص السكر تأتى من الاحماض الدهنية . ومعدل نقل السكر يعتمد على تركيز الصوديوم فى الوسط وان تثبيط ايون البوتاسيوم K^+ لامتصاص السكر يرجع الى تدخله فى نقطة الالتقاء بين الصوديوم الحامل كما ان تركيز الصوديوم ايضا له تاثير على نقل كثير من المواد الاخرى غير السكر مثل الاحماض الامينية ، واليوراسيل واملاح الصفراء وغيرها .



شكل (٢١) امتصاص الجلوكوز بالنقل النشط

ايض السكريات

SACCHARIDES METABOLISM

الفسفرة

اول خطوة تتم على السكريات الاحادية التى يتم امتصاصها او هدمها داخل الجسم هى عملية الفسفرة او التنشيط بالطاقة قبل ان تتم عليه بقية عمليات التمثيل الغذائى الاخرى وتتم هذه العملية بتفاعل السكر مع (ATP) وذلك بواسطة انزيمات الكينيز .

جلوكوز + ATP ——جلوكوكينيز——> جلوكوز – ٦- فوسفات + ADP
فركتوز + ATP ——فركتوكينيز——> فركتوز –٦- فوسفات + ADP
ريبوز + ATP ——ريبوكينيز——> ريبوز – ٥- فوسفات + ADP

مصادر الجلوكوز –٦-فوسفات

لهذا المركب ثلاثة مصادر هى :

(١) فسفرة الجلوكوز الناتج عن التحلل المائى لعديدات او قليلات التسكر .

(٢) التحول عن مركب جلوكوز –١- فوسفات الناتج عن التحلل الفسفورى لعديدات او قليلات التسكر .

(٣) التحول عن طريق التعديل الايزوميزى للسكريات السداسية مثل الفركتوز –٦- فوسفات .

هدم الجلوكوز –٦- فوسفات

يجرى هدم الجلوكوز –٦- فوسفات بصفة رئيسية من خلال مسلكين يتم فى الاول منها مرحلة معينة من مراحل هدم الجزئ الذى يحتوى كل منهما على ست ذرات من الكربون ثم انقسام الجزئ الى جزئين يحتوى كل منهما على ثلاثة ذرات كربون اى بمعنى اخر ينقسم الجزء مناصفة ويطلق على هذا المسلك اسم الهدم الدخوتومى اما المسلك الثانى فينحصر فى فقدان ذرة الكربون الاولى من جزئ الجلوكوز –٦- فوسفات ، ويطلق على هذا المسلك اسم الهدم الايوتومى .

المسلك الديخوتومى

ويتم ذلك بالخطوات التالية .

(١) تحول الجلوكوز –٦- فوسفات الى فركتوز –٦- فوسفات

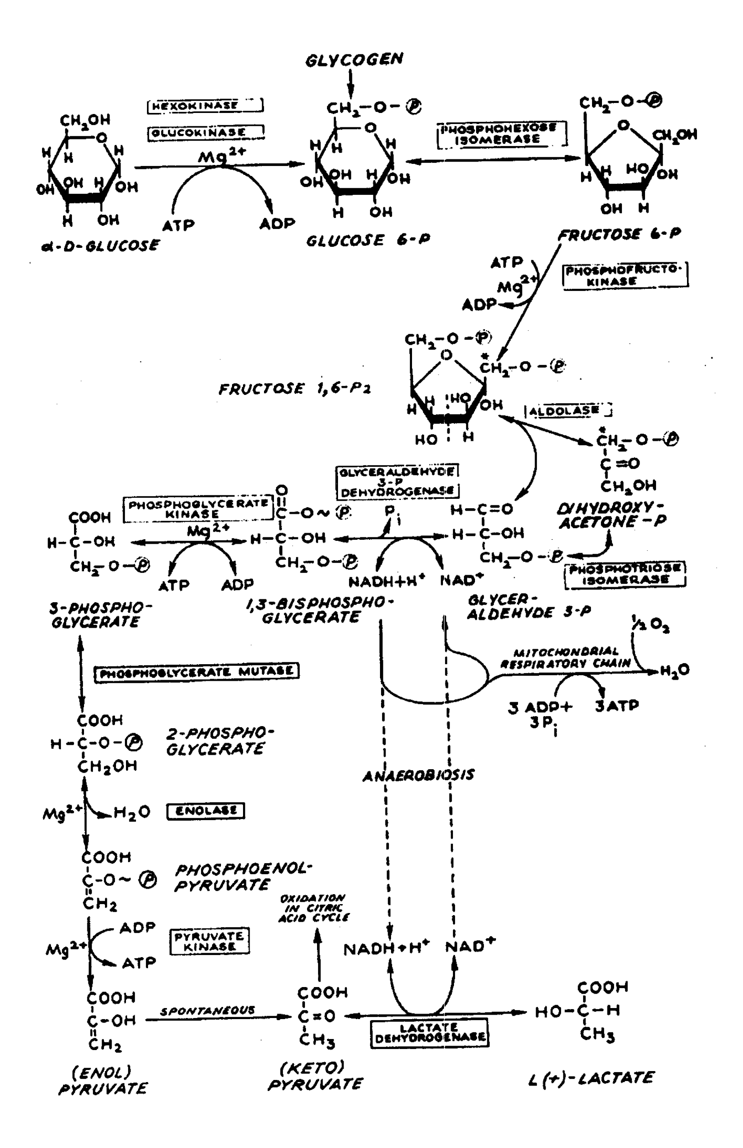
(٢) تحول الاخير الى فركتوز ٦:١ ثنائى فوسفات نتيجة الفسفرة مرة اخرى فى موضع ذرة الكربون الاولى .

(٣) ينقسم الاخير الى مركبين يكون لكل منهما القدرة على التحول للاخر وهما

٣- فوسفو جلسيرالدهيد و فوسفو ثنائى هيدركسى اسيتون

(٤) يتحول ٣-فوسفوجلسرالدهيد الى ٣،١ ثنائى فوسفوجلسرات ثم الى ٣- فوسفوجلسرات ، ثم ٢فوسفوجلسرات ثم فوسفو اينول بيروفات .

(٥) ويتحول الاخير الى حمض البيروفيك وهو الناتج النهائى لهدم السكر بعد ذلك يسلك هذا الحمض احد طرق عديدة تختلف بإختلاف الظروف التى يتم فيها ايض الكربوهيدرات .



شكل (٢٢) خطوات هدم الجلوكوز

ايض حمض البيروفيك

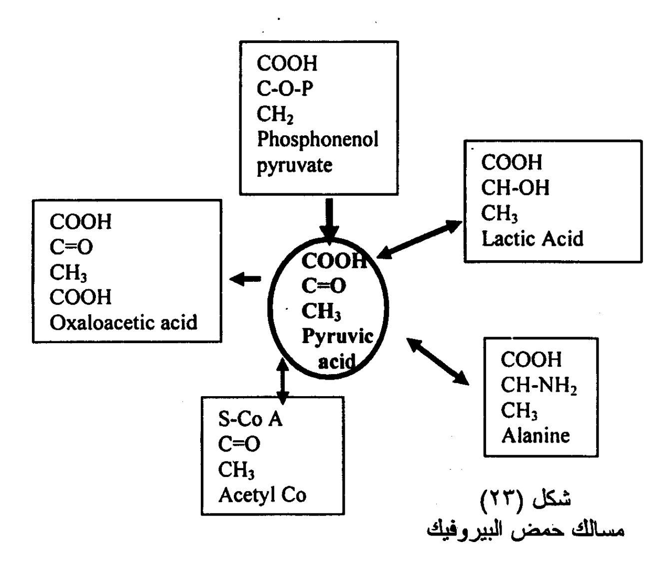
(١) فى حالة قلة الاكسجين يتم تحول حمض البيروفيك الى حمض الاكتيك : ويطلق على عملية هدم الكربوهيدرات إذا ادت الى هذه النتيجة النهائية (عملية الجلكزة Glucolysis) او عملية (الجلكنة Glycolysis) ففى حالة ما إذا كان السكر هو المركب الكربوهيدراتى الذى بدا التفاعل سميت (جلكزة) وفى حالة ما إذا كان الجليكوجين هو الذى بدا التفاعل به سميت هذه العملية (جلكنة) .

وتعتبر هاتين العمليتين وسيلة سريعة للحصول على الطاقة فى ظروف لاهوائية وهو ما يحدث فى العضلات إذا اجهدت فى مجهود قوى مفاجئ او عند بقاء الحيوان او الطائر فى مكان قليل التهوية او فى الزحام إذ يتراكم فيها حمض الاكتيك الناتج ويسبب الما فيها،وعند تحسن الظروف الهوائية يؤكسد حمض الاكتيك الى ثانى اكسيد الكربون والماء.

(٢) **فى حالة توفر الاكسجين** : يتحول حمض البيروفيك بمساعدة مرافق انزيم Co.Aالى حمض الخليك النشط Acetyl Co A الذى يتحول الى دورة حمض الستريك مكونا حمض الستريك اول احماض هذه الدورة ، و هذه هى احدى نقاط الالتقاء مع ايض الدهون.

(٣) **يتحول الى الالانين** و هو حمض امينى و هذه هى احدى نقاط الالتقاء مع ايض البروتينات

(٤) **يتحول الى اكزالو حمض الخليك** فى دورة الستريك مباشرة



شكل (٢٣)
مسالك حمض البيروفيك

الفصل الثانى

الليبيدات

LIPIDS

مقدمة

تدل كلمة ليبيد Lipid أو ليبويد Lipoid على مجموعة هامة من المركبات الحيوية التى لا تذوب فى الماء ، ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية مثل : الاثير والبنزين والكلوروفورم وتعتبر الدهون من الناحية الكيميائية استرات الاحماض الدهنية او العضوية ، وهى توجد فى الانسجة النباتية والحيوانية على حد سواء .

تقسيم الليبيدات

تنقسم الليبيدات الى ثلاثة اقسام رئيسية هى

اولا الليبيدات البسيطة SIMPLE LIPIDS

وهى عبارة عن مواد مركبة من جزئين :

(١) احماض دهنيـة (وهـى احمـاض عضـوية عاليـة) والكحـولات او هـى استرات الاحماض الدهنية مع الكحولات .

وتنقسم بدورها الى ثلاثة اقسام تبعا لنوع الكحول المكون للاستر :

(١) الدهون الطبيعية **Fats** : و هى الجلسريدات الثلاثية ، او هى عبارة عن استرات الأحماض الدهنية مع الجلسرين ، وهى اما ان تسمى شحوم **FATS** إذا كانت صلبة فى درجة حرارة الغرفة وهى فى الغالب من مصدر حيوانى ،أو زيوت **Oils** **اذا كانت سائلة فى درجة حرارة الغرفة وهى غالبا** ما يكون مصدرها نباتى.

(٢) الشـــموع Waxes وهى عبارة عن استرات الاحماض الدهنية مع الكحولات العالية الاخرى مثل الكحولات مثل الكحولات الالفاتية طويلة السلسلة ، وقد يسميها البعض الشموع الحقيقية True Waxes.

(٣) الستروىدات **Stroides** : وهى عبارة عن استرات الاحماض الدهنية مع الكحولات شبه الحلقية المسماة بالسترولات Sterols اى هى استرات الاحماض الدهنية مع السترولات .

ثانيا : الليبيدات المركبة (المرتبطة)
Compound lipids

وهى عبارة عن مواد تتكون جزيئاتها من عدة مركبات تتصل فيما بينها بروابط

مختلفة وهى تتكون من احد الانواع الثلاثة لليبيدات البسيطة متحدة مع مركبات عضوية اخرى او مركبات عضوية ومعدنية ، وهى تنقسم بدورها الى ثلاثة اقسام تبعا لنوع المركب ، او المركبات الاخرى المرتبطة مع الليبيدات البسيطة :

❖ الفوسفوليبيدات Phospholipids وهى تحتوى على ليبيدات بسيطة مرتبطة مع حمض الفوسفوريك .
❖ الجلوكوليبيدات Glucolipids وهى تحتوى على ليبيدات بسيطة مرتبطة بأنواع من الكربوهيدرات .
❖ الليبيدات البروتينية Lipoproteins وهى تحتوى على ليبيدات بسيطة مرتبطة مع البروتينات .

ثالثا : الليبيدات المشتقة
Derivative lipids

وهى عبارة عن اجزاء متبقية بعد تحلل الانواع السابقة سواء البسيطة أو المرتبطة وتشتمل على الاحماض الدهنية Fatty acid والسترولات والاجسام الكيتونية وغيرها وفيما يلى شرحها مفصلا لتركيب المجموعات الليبيدية التى سبق ذكرها .

الاحماض الدهنية FATTY ACID

الاحماض الدهنية عبارة عن احماض عضوية عالية ، اى ذات سلسلة اليفاتية طويلة الا انه شاع الاستعمال الكيميائى بان يطلق على الاحماض العضوية اذا زاد عدد الكربون فيها عن ٦ ذرات كربون بالاحماض الدهنية والاقل من ذلك بالاحماض العضوية ، الا انه فيما يتعلق بكيمياء التغذية تسمى جميع الاحماض العضوية احماضا دهنية اذا كانت اليفاتية ووحيدة الكربوكسيل ، وتسمى على وجه الخصوص الاحماض القصيرة (اقل من ٦ ذرات كربون) بالاحماض الدهنية قصيرة السلسلة او الاحماض الدهنية الطيارة ، وعلى وجه العموم تتركب الاحماض الدهنية كيميائيا كالاتى :

$$CH3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CCOH$$

وتسمى الاحماض الدهنية تبعا لعدد ذرات الكربون ، ونلاحظ ان الاختلاف بين الاحماض الدهنية ينحصر فيما يلى :

١- عدد ذرات الكربون ، وهذا العامل هو طول او قصر سلسلة الحمض الدهنى
٢- الروابط بين ذرات الكربون هل هى مشبعة ام غير مشبعة
٣- عدد الروابط الزوجية الموجودة فى الجزىء ان وجدت .
٤- نوع الرابطة الزوجية .

تسمية الحمض الدهنى

الاسم الكيميائى للحمض الدهنى لابد ان يعبر عن حالة الحمض بالنسبة للعوامل

الاربعة السابقة فبالنسبة لعدد ذرات الكربون ، يسمى الحمض بالاسم المشتق من عدد ذرات الكربون باللغة اليونانية مع مقطع (Anoic)إذا كان مشبعا و (Enoic)إذا كان غير مشبع ، اما عدد الروابط واماكنها فتذكر برقم ذرة الكربون التى عليها الرابطة بداية من ذرة الكربون فى مجموعة الكربوكسيل ، ويسبق اسم الحمض بمقطع Trans) (إذا كانت ذرات الهيدروجين بالتبادل على جانبى ذرات الكربون فى الرابطة ، وبمقطع (Cis) اذا كانت فى جانب واحد منها ، وعلى ذلك يكون الحمض الدهنى) n- Decanoic acid وهو الكابريك Capricيعنى انه حمض يحتوى على ١٠ ذرات كربون.

الرابطة CIS	الرابطة TRANS
H H - C = C -	H - C = C - H

ويكون الحمض الدهنى (Cis 9- Hexadecenoic acid) وهو البالميتوليك Palmitoleicويعنى انه حمض غير مشبع يحتوى على ١٦ ذرة كربون وبه رابطة زوجية واحدة على ذرة الكربون رقم ٩ وتقع ذرتى الهيدروجين على وجه واحد من الرابطة وتركيبه البنائى كالاتى $CH_3-(CH_2)_5-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ وفيما يلى اسماء وتركيب الاحماض الدهنية الشائعة .

والغالب فى الاحماض الدهنية ان تكون :

(١) ذات عدد زوجى من ذرات الكربون (٢) ذات مجموعة كربوكسيل واحدة
(٣) ذات سلسلة مستقلة (٤) يوجد منها المشبع وذو الروابط الثنائية (مفرد ومثنى وثلاث ورباع) إلا انه يشذ عن هذه القاعدة افراد قليلة نادره الوجود مثل :
أ – تشذ من القاعدة حامض الايزوفاليريك ذو عدد فردى (٥ ذرات كربون) وحمض البربيونيك (٣ ذرات كربون) وهى فى مجموعة الاقل من(٦ ذرات كربون)ويطلق عليها الاحماض الدهنية الطيارة .
ب – تشذ بعض الاحماض ذات السلسلة المتفرعة مثل الجورليك Gorlic
ج – تشذ بعض الاحماض التى تحتوى على خمس روابط زوجية مثل : Clupanodonic acid

د – يشذ عن القاعدة ايضا بعض الاحماض التى تحتوى على رابطة ثلاثية مثل : التارابينيك C18:5

ويشيع حمض الاوليك بنسبة كبيرة فى الدهون الطبيعية (حيث تزيد كميته عن ٣٠% فى الغالبية العظمى من الدهون) ثم يلية حمض البالمتيك وتتراوح كميتة (بين ١٥-٥٠%) فى اغلب الأحيان ولهذا السبب تتبع أحماض الاوليك والبالميتيك مجموعة

الأحماض الدهنية الأساسية للدهون.

وتوجد الأحماض الدهنية الأخرى فى الدهون الطبيعية بكمية قليلة (عدة وحدات قليلة فى المئة) باستثناء عدد قليل من الدهون الطبيعية التى تحتوى على كمية من هذه الاحماض تقدر بعشرات فى المائة ، فمثلا توجد احماض الكابريك بكثرة فى زيت جوز الهند ويدخل حمض الايروسيك فى تركيب زيت الشلجم بنسبة تتراوح بين ٤٠ – ٧٥%

البيوتيريك $(C_4H_8O_2)$

$CH_3-(CH_2)_2-COOH$

الايزوفاليريك $(C_5H_{10}O_2)$

$(CH_3)_2>CH-CH_2-COOH$

الكابرويك $(C_6H_{12}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_4-COOH$

الكابريليك $(C_8H_{16}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_6-COOH$

الكابريك $(C_{10}H_{20}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_8-COOH$

اللوريك $(C_{12}H_{24}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$

الميريستيك $(C_{14}H_{28}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{12}-COOH$

البالميتيك $(C_{16}H_{32}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$

الستياريك $(C_{18}H_{36}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$

الاراكيديك $(C_{20}H_{40}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{18}-COOH$

البهينيك $(C_{22}H_{44}O_2)$

$CH_3(CH_2)_{20}-COOH$

الليجنوسيريك $(C_{24}H_{48}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{22}-COOH$

الأحماض غير المشبعة

وهى تختلف باختلاف عدد الروابط الزوجية بين
ذرات الكربون فى الجزئ
وتشمل الآتى:

أ ـــ ذات رابطة زوجية واحدة

- البالميتو اوليك $(C_{16}H_{30}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_5-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

- الأوليك $(C_{18}H_{34}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$

- الاروسيك $(C_{22}H_{42}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_{11}-COOH$

- النرفونيك $(C_{24}H_{46}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_{13}-COOH$

ب ـــ ذات عدة روابط زوجية

اللينوليك $(C_{18}H_{32}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_3-(CH_2-CH=CH)_2-(CH_2)_7-COOH$

اللينولينيك $(C_{18}H_{30}O_2)$

$CH_3-(CH_2-CH=CH)_3-(CH_2)_7-COOH$

الاراكيدونيك $(C_{20}H_{32}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_4-(CH=CH-CH_2)_4-(CH_2)_2-COOH$

جـ ـــ ذات رابطة ثلاثية

التارارينيك $(C_{18}H_{32}O_2)$

$CH_3-(CH_2)_{10}-C\equiv C-(CH_2)_4-COOH$

الاحماض الحلقية

الهيدنوكاريك $(C_{16}H_{28}O_2)$

$CH=CH$
CH_2-CH_2 $>CH-(CH_2)_{10}-COOH$

الشولموجريك $(C_{18}H_{32}O_2)$

$CH=CH$
CH_2-CH_2 $>CH-(CH_2)_{12}-COOH$

وتتميز الدهون الحيوانية والنباتية ببعض الخصائص العامة : فتكون الدهون الحيوانية اكثر تنوعا من حيث مجموعة الأحماض الدهنية العالية التى تدخل فى تركيبها وعلى وجه الخصوص يشع من بين الأحماض الأخيرة وجود الأحماض الدهنية العالية ذات ذرات الكربون بين ٢٠ – ٢٤ ذرة اما فى الدهون النباتية فتكون حصة الأحماض الدهنية العالية غير المشبعة جدا (تصل الى ٩٠%) بينما يوجد من الاحماض المشبعة عالية حمض البالميتيك فقط حيث تتراوح كمية بين ١٠- ١٥% .

وتنقسم الجلسريدات الى : جلسريدات بسيطة واخرى مختلطة ، وتكون الاولى منها عبارة عن استرات للجلسرين مع احد الاحماض الدهنية العالية ، كما هو موضح بالمثال التالى: شكل (٢٤)

$$CH2 - O - CO - (CH2)\ 14\text{-}\ CH3$$
$$CH2 - O - CO - (CH2)\ 14\text{-}\ CH3$$
$$CH2 - O - CO - (CH2)\ 14\text{-}\ CH3$$

شكل (٢٤) ثلاثى البالميتين

اما الجلسريدات المختلطة فتكون مبنية من باقى الجلسرين وبواقى احماض دهنية مختلفة شكل ٢٥

$$CH_2\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_{14}\text{-}CH_3$$
$$CH\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_{16}\text{-}CH_3$$
$$CH_2\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_{16}\text{-}CH_3$$

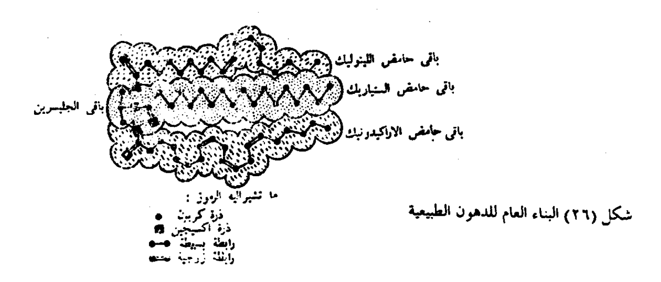
بالميتو-ثنائى السترين

$$CH_2\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_{14}\text{-}CH3$$
$$CH\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_{16}\text{-}CH3$$
$$CH_2\text{–}O\text{–}CO\text{–}(CH_2)_7\text{-}CH{=}CH(CH_2)_7\text{-}CH_3$$

بالميتو- ستيرو- اولين

شكل (٢٥)

ويمثل شكل (٢٦) شكلا تخطيطيا عاما للجلسريدات الثلاثية



شكل (٢٦) البناء العام للدهون الطبيعية

وتكون حصة الجلسريدات الثلاثية البسيطة غير شائعة فى الدهون الطبيعية التى

تحتوى على خليط من الجلسريدات الثلاثية المتنوعة بينما يمكن ان تكون النسبة المئوية لبعض الجلسريدات الثلاثية المختلطة مرتفعة جدا وتتوقف الخواص الطبيعية للجلسريدات الثلاثية على طبيعة الاحماض العالية الداخلة فى جزيئاتها فإذا كانت الاحماض الدهنية المشبعة (الصلبة) هى السائدة فى الجلسريدات الثلاثية فإن تلك الجلسريدات الثلاثية تصبح ايضا صلبة بينما اذا كانت الاحماض الغير مشبعة (السائلة) هى السائدة فإن درجة حرارة انصهار تلك الجلسريدات الثلاثية تكون منخفضة ، وتتأثر بنفس الطريقة الدهون الطبيعية ايضا .

عملية التصبن SAPONIFCATION

ومن اهم الصفات الكيميائية التى تميز الدهون هى قدرتها على التصبن بفعل المحاليل المائية للقواعد ويطلق على املاح الاحماض الدهنية العالية التى تنتج عن ذلك اسم الصابونات ، ومن هنا اخذت عملية تفكك الروابط الاستيرية اسم عملية التصبن .Saponification

وعلى غرار ذلك يؤدى غليان الدهون مع المحاليل المائية للاحماض المعدنية او تحضينها مع الانزيمات الخاصة الى تحليلها مائيا مما يصحبه تكون الاحماض الدهنية الحرة و الجلسرين ، وعلى الرغم من عدم تكون الصابون فى هذه الحالة الا ان تفكك الجلسريدات الثلاثية بالتحليل المائى hydrolyses مثله كمثل اى من الاسترات الاخرى يسمى ايضا بتفاعل التصبن Saponification ويستخدم هذا التفاعل على نطاق واسع فى الصناعة للحصول على الاحماض العالية الحرة ، وتبدا بنفس هذا التفاعل فى الجسم عمليات هدم الدهون .

هدرجة الدهون Hydrogenation

ويمكن للجلسريدات الثلاثية الدخول فى التفاعلات كيميائية عن طريق الشق الهيدروكربونى الخاص ببواقى الاحماض الدهنية ، واهم هذه التفاعلات هدرجة الدهون الذى ينحصر فى اختزال بواقى الاحماض المشبعة ، وتتحول الدهون عند ذلك من حالتها السائلة الى حالة صلبة ، ويمكن بهذه الطريقة الحصول على الدهون الغذائية من الزيت.

عملية التزنخ Rancidity

تحدث بعض التغيرات فى خواص الدهون عند تركها معرضة للهواء والرطوبة وفى وجود الضوء والحرارة ويصبح الدهن بعد ذلك فى حالة تزنخ ، وسبب ذلك إنتاج أحماض دهنية على الحالة الحرة بسبب تأثيرها بالأنزيمات او بسبب إنتاج الدهيدات عالية ذات رائحة مميزة كما تتكون ايضا فوق اكاسيد عضوية بسبب ارتباط الأكسجين بالروابط الزوجية فى الاحماض الدهنية غير المشبعة وتسمى هذه الاكاسيد بالبيروكسيدات العضوية او البيروكسيدات الدهنية Fatty peroxides شكل (٢٧)

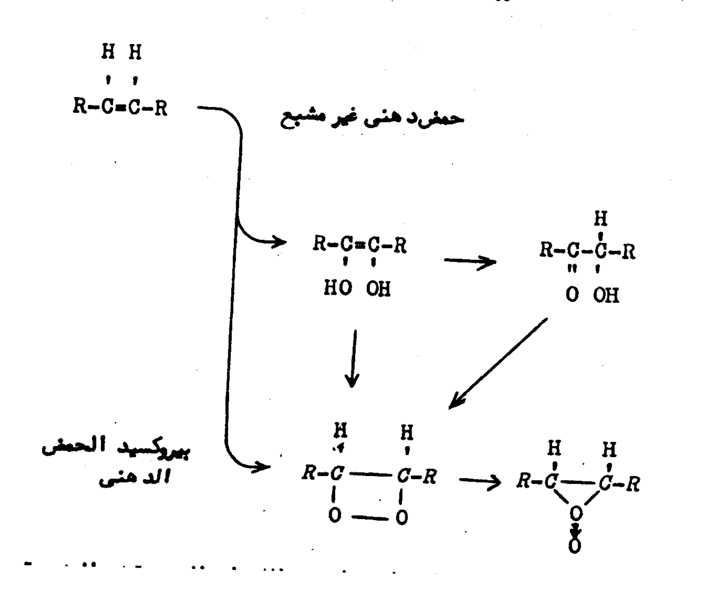
والدهون التي تحتوى نسبة كبيرة من أحماض غير مشبعة ولا سيما حمض الاوليك تتزنخ بسرعة فى الظروف الملائمة لعملية التزنخ ، والدهن المتزنخ مادة سامة ، وفضلا عن ذلك فان التزنخ يسبب اتلاف فيتامينات (أ،هـ) لذا تنصب مشكلة حفظ الأغذية على منع حدوث تلف اوتزنخ دهن الغذاء .

$$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)7\text{-}COOH \quad + \quad O_3 \longrightarrow$$

حمض الاوليك   الاوزون

$$CH_3(CH_2)_7 - \overset{H}{C} - O - \overset{H}{C} - (CH_2)_7\text{-}COOH \quad (\text{O-O bridge between the two C})$$

اوزيد حمض الاوليك



شكل (٢٧) الطرق المختلفة لتكوين البيروكسيدات فى الأحماض الدهنية غير المشبعة بسبب تعرضها للأكسدة

والتزنخ التحليلي Hydroxlytic rancidity الذى يحدث عند تعرض الدهون او الزيوت للرطوبة يحدث (كما سبق القول) بفعل انزيمات Lipase التى تحلل

الليبيدات تحليلا مائيا جزئيا اذا تواجدت للانزيمات ظروف مناسبة ، فتنفرد الاحماض الدهنية التى تعمل على اتلاف خواص الليبيدات ويمكن تلافى مثل التزنخ قبل حدوثه بعدم تهيئة الظروف المناسبة للانزيمات .

والنوع الثانى من التزنخ وهو التزنخ التأكسدى Oxidative rancidity يحدث بسبب اكسدة الاحماض الدهنية الى كيتونات فتأكسد الاحماض الدهنية كما هو معلوم يكون فى الوضع بيتا β تحت تأثير انزيم Peroxidase حيث يهاجم هذا الانزيم الاحماض الدهنية ويحولها الى ميثيل كيتونات.

وقد يحدث التزنخ التأكسدى نتيجة لاكسدة الروابط الزوجية فى الاحماض غير المشبعة فتتكون فوق الاكاسيد التى تتحول الى مشتقات " كيتو هيدروكسيلية " التى تتحول بدورها الى الدهيدات سامة وتختلف أنواع الزيوت و الدهون فى سرعة تزنخها التاكسدى ، فالبعض منها يقاوم عملية التأكسد لفترة ما تعرف باسم (فترة المقاومة) Induction period وطول هذه الفترة له قيمة فى تحديد صفات الدهون او الزيوت ، وتتوقف هذه الخاصية على عدة عوامل منها : وجود مركبات لها خاصية تثبيط عملية التأكسد تعرف باسم مضادات التاكسد Antioxidantsأو قد توجد مركبات تساعد على التزنخ او التأكسد تعرف باسم مولدات التأكسد Pro- oxidantsمثل لاكتات النحاس Copper lactate واملاح النحاس العضوية والحديد والنيكل .

وتنتج مولدات التأكسد عادة أثناء عملية استخلاص وتنقية الليبيدات الخام ، وفى حالة الاخيرة تقل مدة فترة المقاومة ، اما فى حالة وجود مضادات التأكسد فتزداد فترة المقاومة ، وعلى ذلك تكون مضادات التأكسد هى " المواد التى تعمل على تثبيط التزنخ التأكسدى" وهى مادة عبارة عن مركبات سهلة التأكسد بسبب شراهتها لامتصاص الأكسجين ، ويمكن استخدام بعض المواد لتعمل كمضادات للتأكسد ومنها (هيدروكينون Hydroquinone) الذى يمكن بجزىء منه واحد ان يحمى ٤٠,٠٠٠ جزىء اكرولين لفترة طويلة ويمكن تفسير عمل مضادات التاكسد فى دورة التفاعلات على فرض ان المادة القابلة للتاكسد (X)والمادة المضادة (J) كما يلى :

$$X + O2 \longrightarrow X\,O2$$
$$XO2 + J \longrightarrow XO + JO$$
$$XO + JO \longrightarrow X + J + O2$$

الشموع Waxes

الشموع هى استرات الاحماض الدهنية مع كحولات احادية الهيدروكسيل وهى لا تحتوى على جلسرين ، وتوجد فى النباتات على سطح الاوراق والثمار والبذور كما توجد فى الاسماك والحشرات ، ويحتوى شمع النحل بصفة رئيسية على الاحماض الدهنية التى تحتوى على ٢٦ ، ٣٤، ٣٢، ٣٠، ٢٨ ذرة كربون مرتبطة مع كحولات عالية

ذات سلسلة مستقيمة تحتوى على ٣٢، ٣٠، ٢٨، ٢٦ ذرة كربون ومن اهم الكحولات التى تدخل فى تركيب الشموع هى كحولات السيتيل والسيريل والمونتانيل والميريسيل

كحول السيتيل Cetyl	$CH_3-(CH_2)_{14}-CH_2OH$
كحول السيريل Ceryl	$CH_3-(CH_2)_{24}-CH_2OH$
كحول المونتانيل Montanyl.	$CH_3-(CH_2)_{26}-CH_2OH$
كحول الميريسيل Myricyl	$CH_3-(CH_2)_{28}-CH_2OH$

السترويدات Stroides

تشتمل السترويدات على مجموعة كبيرة من الليبيدات البسيطة ، والسترويدات عبارة عن استرات للكحولات الحلقية ذات البناء الخاص (الستولات) مع الاحماض الدهنية العالية ، ويكون بناء السترولات معقد الى حد كبير ، ويكون اساس جزيئاتها عبارة عن مجموعة حلقية من الذرات التى تتكون من الفينانثرين Phenanthrene المختزل والسيكلوبنتان Cyclopentane تسمى هذه المجموعة الحلقية Per-hydro-cyclo-pentano- phenanthrene أو سيتران Setran.

واذا اتصل السيتران بسلسلة جانبية من ٨ ذرات كربون وبمجموعتى ميثيل فى مواضع الكربون ١٠ ، ١٣ سمى (الكولستان Cholestan).

فينانثرين

بيرهيدروفينانثرين

سيكلو ـ بنتان

بيرهيدروسيكلو بنتانوفينانثرين
(ستيران)

كولستان

شكل (٢٨)

ويرقم الكولستان (شكل ٢٨) بالترقيم الخاص بحلقات الفينانثرين ثم حلقة البنتان ثم السلسلة الجانبية ، ويتحول الكولستان عند اكسدته فى موضع الذرة رقم ٣ من الحلقة (A) الى كحول عديد الحلقات واسمه (كولستانول Cholestanol) شكل (٢٩) وهو الاساس لطائفة السترولات وتتكون نواة الكولستانول فى جميع السترولات - ما عدا اختلافات بسيطة - اما بتكوين رابطة زوجية بين ذرات الكربون ٥-٦ كما فى الكوكسترول او ٨-٧ من الحلقة (B) وبين الذرات الكربونية ٢٢- ٢٣ فى السلسلة الجانبية كما فى الارجوسترول .

HO

كولستانول شكل (٢٩)

وتتاكسد السترولات فى جسم الحيوان معطية النواة لعدد من الافراد البارزة للمشتقات المسماة السترويدات Steroids ويتبعها عدد كبير من المركبات نكتفى بذكر بعضها شكل (٣٠) .

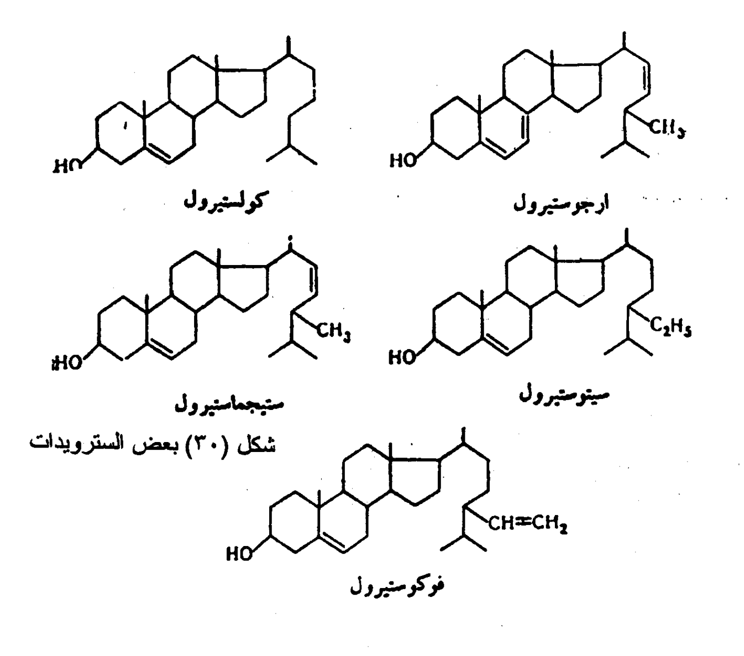
الفوسفوليبيدات Phodpholipids

وهى عبارة عن استرات للكحولات العديدة الهيدروكسيل مع الاحماض الدهنية وتحتوى بالاضافة الى ذلك على مجاميع اضافية من بواقى حامض الفوسفوريك والقواعد النيتروجينية شكل (٣١).

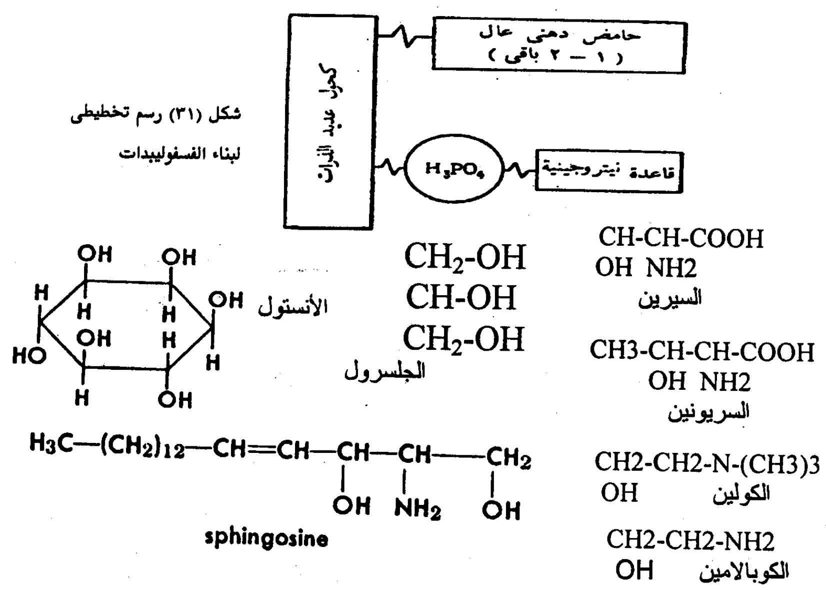
ويدخل فى التركيب الفوسفوليبيدات المختلفة ثلاثة انواع من الكحولات العديدة الهيدروكسيل وهى : الجلسرين ، السفنوزين ، والاينوزول (شكل ٣٢) وتنقسم الفوسفوليبيدات تباعا لذلك الى ثلاث اقسام هى :

-الجلسروفوسفوليبيدات : وعادة تسمى الفوسفاتيدات ، وهى التى يكون الكحول المرتبط معها هو الجلسرين .
٢- السفنجوفوسفوليبيدات : وهى التى يكون الكحول المرتبط معها هو السفنجوزين
٣-الاينوزيتول فوسفوليبيدات : وهى التى يكون الكحول المرتبط معها هو الاينوزول

واما القواعد الازوتية التى يمكن ارتباطها بالفوسفوليبيدات والاكثر انتشارا فهى الكولين Choline والسيرين Serine والكولامين Cholamine والثريونين Threonineشكل ٣٣ .

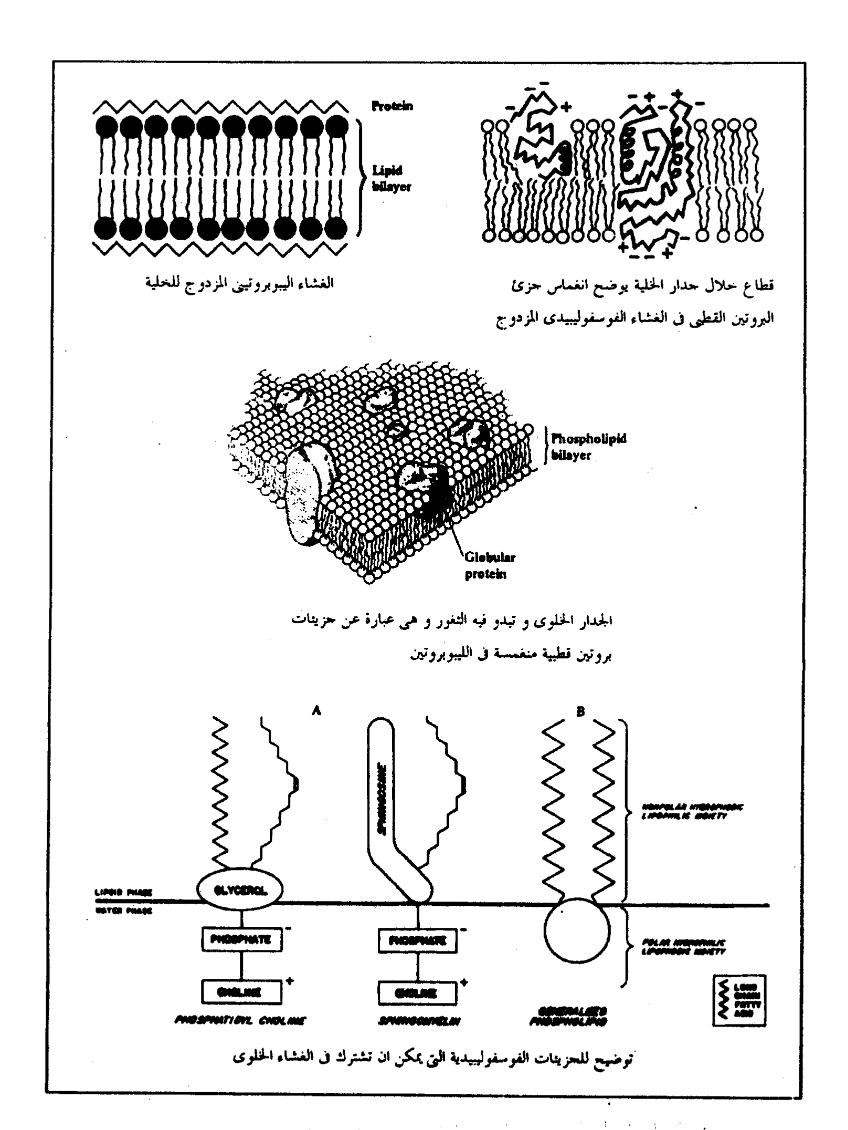


شكل (٣٠) بعض الستروئيدات



شكل (٣١) رسم تخطيطي لبناء الفسفوليبيدات

شكل (٣٣) انواع القواعد الأزوتية التي تدخل في بناء



الغشاء الليبوبروتيني المزدوج للخلية

قطاع خلال جدار الخلية يوضح انغماس جزئ البروتين القطبي في الغشاء الفوسفوليبيدي المزدوج

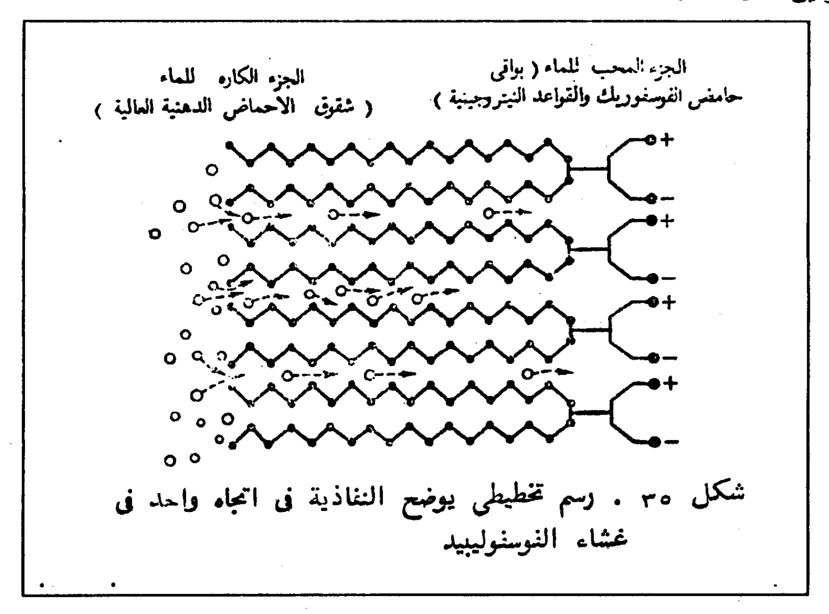
الجدار الخلوي و تبدو فيه الثغور و هي عبارة عن جزيئات بروتين قطبية منغمسة في الليبوبروتين

توضيح للجزيئات الفوسفوليبيدية التي يمكن ان تشترك في الغشاء الخلوي

شكل (٣٤) : بعض وظائف الفوسفوليبيدات

وتمثل مجموعة الفوسفوليبيدات اهمية كبيرة في الجسم اذا يتبع هذه المجموعةالمركبات التي تساعد على تنظيم النفاذية في جدار الخلايا الحيوانية شكل (٣٤ ، ٣٥) كما تساعد ايضا على اتمام عملية الميثلة Methyation ويتبع هذه المجموعة

ثلاثة مركبات تختلف بإختلاف القاعدة الازوتية المرتبطة مع الجلسروفوسفوليبيدات فإذا كانت القاعدة هى الكولين كان الفوسفوتيد المتكون هو فوسفاتيديل كولين Phosphatidyl Choline وهو المعروف بالليسيثين Lecithin واذا كانت القاعدة هى الكولامين كان الفوسفوتيد المتكون هو فوسفاتيديل كولامين Phosphatidyl Choline، وهو المعروف باسم السيفالين Cephalin واذا كان السيرين هو القاعدة سمى الفوسفوتيد ، فوسفاتيديل سيرين ، وهكذا مع الثريونين يكون اسمه فوسفاتيديل ثريونين شكل ٣٦ .



شكل ٣٥ . رسم تخطيطى يوضح النفاذية فى اتجاه واحد فى غشاء النوسنوليبيد

هضم الدهـــون

DIGESTION OF LIPIDS

تنحصر اولى مراحل التمثيل الغذائى للدهون فى تحلله مائيا بواسطة انزيم الهيدروليز الخاص بتحلل الجلسريدات الثلاثية مائيا والذى يطلق عليه اسم الليبيز Lipase ويسرى التحليل المائى للدهون تدريجيا ، حيث تفكك فى البداية روابط الاستر الخارجية (روابط الالفا) و يتم ذلك على خطوتين ، خطوة لكل رابطة الفا فى الجلسريد الثلاثى كما فى شكل (٣٧).

$CH_2-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$
$CH-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$
$CH_2-O-P(O)(O^-)-O-CH_2-CH_2-N^+(CH_3)_3$

ليسيثين (فوسفاتيديل كولين)

$CH_2-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$
$CH-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$
$CH_2-O-P(O)(O^-)-O-CH_2-CH_2-NH_3^+$

كيفالين (فوسفاتيديل كولامين)

$CH_2-O-CO-(CH_2)_{16}-CH_3$
$CH-O-CO-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3$
$CH_2-O-P(O)(O^-)-O-CH_2-CH(NH_3^+)-COOH$

فوسفاتيديل سرين

$CH_2-O-CO-(CH_2)_{22}-CH_3$
$CH-O-CO-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-CH_3$
$CH_2-O-P(O)(O^-)-O-CH(CH_3)-CH(NH_3^+)-COOH$

فوسفاتيديل ثريونين

شكل (٣٦) بعض الفوسفوليبيدات الشائعة

$\alpha CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$
$\beta CH-O-CO-C_{17}H_{35} + H_2O \xrightarrow{\text{الليبيز}} CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$
$\alpha CH_2-O-CO-C_{15}H_{31}$

$CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$
$CH-O-CO-C_{17}H_{35} + C_{15}H_{31}-COOH$
CH_2-OH

الجليسريد الثلاثى (باليتو – ثنائى – الستيارين)

α ، β – ثنائى الجليسريد

حامض الباليتيك

$CH_2-O-CO-C_{17}H_{35}$
$CH-O-CO-C_{17}H_{35} + H_2O \xrightarrow{\text{الليبيز}}$
CH_2-OH

α ، β – ثنائى الجليسريد

CH_2-OH
$CH-O-CO-C_{17}H_{35} + C_{17}H_{35}-COOH$
CH_2-OH

β – مونوجليسريد

حامض الستياريك

شكل (٣٧) هضم الجلسريدات الثلاثية بواسطة الليبيز على خطوتين

ثم يتم تحليل الجلسريدات الأحادية (الرابطة بيتا) بواسطة انزيم اخر يوجد عند الجدر المهدبة للخلايا الطلائية فى ميكوزا الأمعاء و يتم التفاعل بتحرير الحمض الدهنى من الجلسرول شكل (٣٨).

$$
\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-O-CO-C_{17}H_{35} + H_2O \\ | \\ CH_2-OH \end{array}
\xrightarrow{\text{الى استيريز}}
\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + C_{17}H_{35}-COOH
$$

β — مونوجليسريد   جليسرين   حامض الستياريك

شكل (٣٨) هضم الجلسريدات الأحادية بواسطة الأستريز

امتصاص الدهون Lipid Absorption

معظم الناتج النهائى المهضوم للدهون بعد هضمها والذى يمكن ان يكون موجودا فى مخاطية الامعاء للامتصاص هو : جلسريدات احادية واحماض دهنية وجلسرين ويكون ذلك فى شكل اختلاط مستحلبى للاحماض الدهنية والجلسرين والجلسريدات الاحادية مع املاح الصفراء لتكون مستحلبا جديدا ، ولكن لم يعرف بعد هل الاتصال بين املاح الصفراء وهذه المهضومات الدهنية يحدث فى التجويف المعوى ام داخل الخلية .

والجزء الاكبر من الفوسفوليبيدات المأكولة يحدث لها تحلل تام فى التجويف المعوى الى احماض دهنية وجلسرول وفوسفات ومركبات اخرى ، ويكون امتصاصها باسلوب مشابه لما يحدث للنواتج الهضمية للجلسريدات الثلاثية المهضومة .

وهناك طريقان لامتصاص الدهون من الأمعاء الدقيقة :

الطريق الدموى

عن طريق الوريد البابى حيث تتجمع الشعيرات الدموية المحيطة بالخلية الطلائية ، و يتم انتقال المهضوم من الدهون الى هذا الطريق و هو اما الأحماض الدهنية الحرة او الجلسرول او الجلسريدات الأحادية ذات الأحماض الدهنية القصيرة او المتوسطة او الجلسريدات الثانية ذات الأحماض الدهنية القصيرة.

الطريق اللبنى

عن طريق الوعاء اللبنى الذى يصل ايضا الى الكبد و الذى تتجمع فيه الشعيرات اللبنية المنتشرة حول الخلايا الطلائية و يعتقد انه يدخل من هذا الطرق جميع الصور التى يحتمل ان يكون عليها الدهن بما فى ذلك الجلسريدات الثلاثية ، الا انه من المرجح ان الجلسريدات الثلاثية التى تحتوى على الأحماض الدهنية العالية تحتاج اولا الى هضم مبدئى قبل الأمتصاص و ان الامتصاص للجلسريدات الثلاثية يقتصر على تلك المحتوية على احماض دهنية قصيرة او متوسطة.

ايض الاحماض الدهنية

FATTY ACID METABOLISM

احد عمليات الايض للاحماض الدهنية هى عملية تقصير سلسلة الحمض الدهنى كطريقة الانطلاق الطاقة فى العملية المعروفة بالاكسدة فى الوضع بيتا β- Oxidation

اكسدة الأحماض الدهنية فى الوضع بيتا

(١) ينشط الحمض الدهنى عن طريق تكوين مركب مع مرافق الانزيم أ المحتوى على رابطة عالية الطاقة من جزئ حمض الفوسفوريك ، ويتم بعد ذلك بثلاثة انواع متخصصة من انزيمات ACYL Co-A SYNTHASE احدهما للاحماض ذات السلسلة القصيرة والاخرين للسلاسل المتوسطة والطويلة .

(٢) يؤكسد الاكيل مرافق الانزيم بمساعدة انزيم Acyl CoA الذى يحتوى على الفلافين ادينين ثنائى النيوكليوتيد (FAD) كمرافق انزيمى وهو من نواتج تمثيل فيتامين (ب٢) .

(٣) يضاف جزئ الماء فى موضع الرابطة الزوجية التى توجد فى الديهيدرواكيل مرافق الانزيم أ

(٤) تؤكسد مجموعة الهيدروكسيل فى الوضع بيتا الى مجموعة كيتون

(٥) يتحد الجزئ الاخير مع مرافق الانزيم النشط وينفصل جزئ استيل مرافق انزيم (أ).

وهكذا تكرر هذه العمليات باستمرار كما يوضح شكل (٣٩) و (٤٠).

الاحماض الدهنية الضرورية Essentail fatty acids

يطلق على ثلاثة احماض دهنية غير مشبعة اسم الاحماض الدهنية الضرورية وهى لازمة للكثير من وظائف الدهون بالجسم كما انها تهيمن على ايضها و هى ضرورية لعملية بناء و تخليق و تطويل سلاسل الأحماض الدهنية الأخرى ، و هذه الأحماض هى: (١) **اللينوليك** C18:3

CH3-(CH2)3 (CH2-CH=CH)2-(CH2)7-COOH

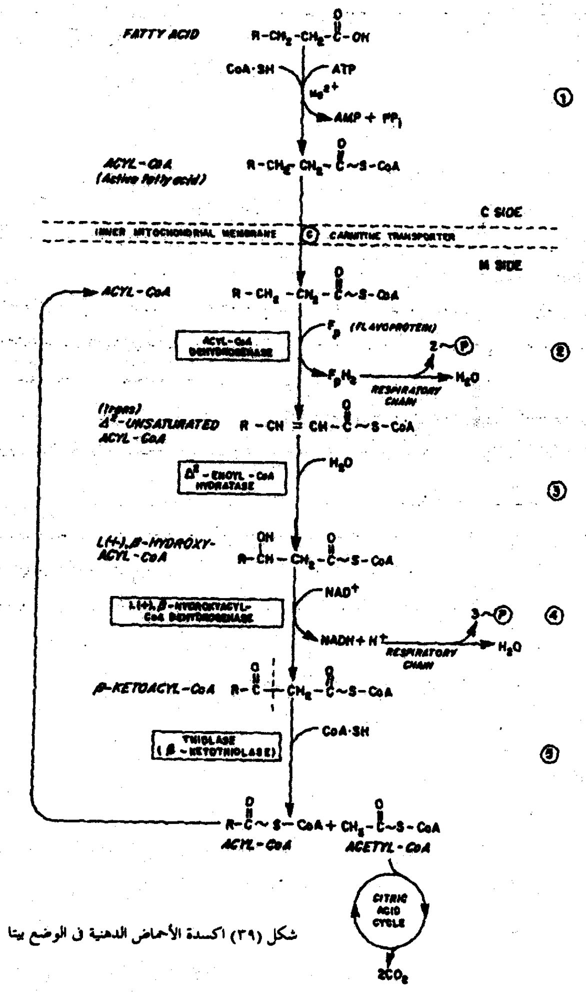
(٢) **الينولينيك** C18:3

CH3-(CH2-CH=CH) 3-(CH2)7-COOH

(٣) **الاراكيدونيك** C20:4

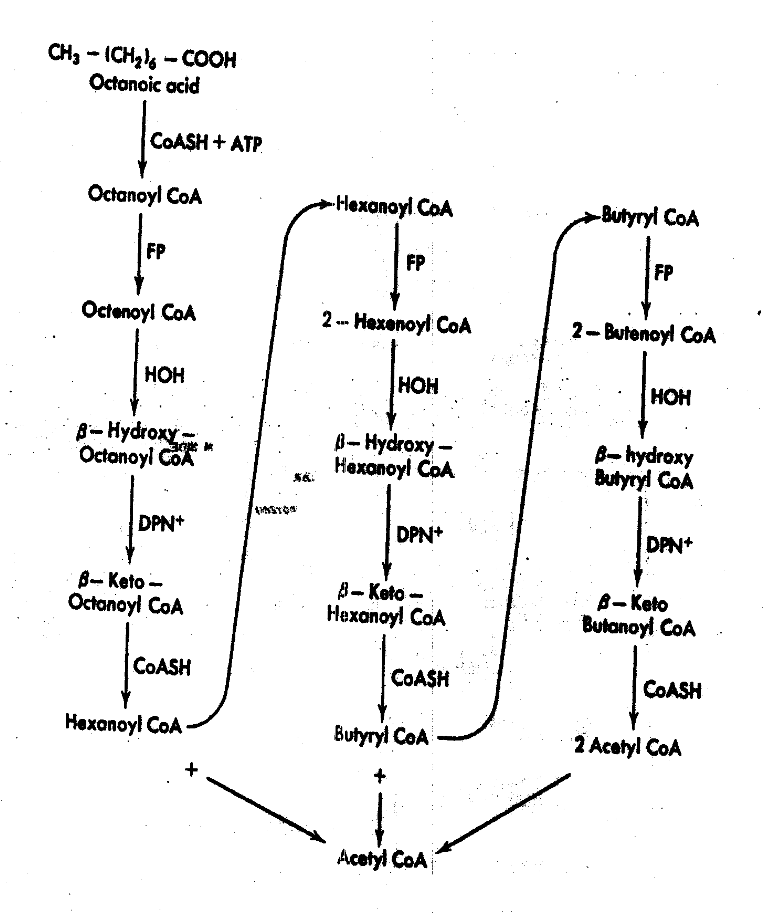
CH3-(CH2) 4-(CH=CH-CH)4- (CH2) 2-COOH

ويعتبر البعض ان هذه الاحماض الدهنية الثلاثة غير المشبعة تكون معقدا واحدا ينتمى الى الفيتامينات تحت اسم فيتامين (ف).



شكل (٣٩) اكسدة الأحماض الدهنية في الوضع بيتا

β-Oxidation of fatty acids.



شكل (٤٠) تتابع عمليات الأكسدة لحمض دهنى طوله ٨ ذرات كربون

و نلاحظ ان الناتج النهائى لعملية اكسدة الدهون ينتهى الى حمض الخليك النشط (acetyl Co A) وعنده تلتقى نواتج اكسدة الدهون و نواتج اكسدة الكربوهيدرات وايض البروتينات.

ايض حمض الخليك النشط Acetyl Co A

حمض الخليك النشط نقطة التقاء اخرى هامة فى التمثيل الغذائى للمركبات الغذائية ، و تتمثل نقاط الألتقاء عند هذا المركب على النحو التالى كما يوضحها شكل (٤١).

(١) طريق ذو اتجاهين لتخليق الأحماض الدهنية او كناتج من اكسدتها ، و هو الاتجاه المتصل بايض الدهون.

(٢) طريق ذو اتجاه واحد لتحول حمض البيروفيك الى حمض الخليك النشط ، وهو الاتجاه المتصل بأيض الكربوهيدرات ، ومع ان هذا الطريق ذو اتجاه واحد بمعنى ان حمض البيروفيك يتحول الى الخليك النشط و ليس العكس مما قد يدعو الى التساؤل عما اذا كانت الدهون لا تتحول الى كربوهيدرات ، فنجد ان حمض الخليك النشط يدخل دورة حمض الستريك و يصل الى اكزالو الخليك الذى يتحول الى p-enolpyruvic وهذا بدوره يتحول اما الى حمض البيروفيك او الى الترايوزات و منها يبنى الجلوكوز او الفركتوز او الجليكوجين.

(٣) طريق ذو اتجاهين للدخول او الخروج من دورة حمض الستريك نتجة اتحاده او انفكاكه من حمض اكزالو الخليك.

(٤) طريق ذو اتجاه واحد مع كل من الحمضين الثريونين و الأيزوليوسين حيث يتحول هذان الحمضان اليه و لا يتحول هو اليهما فى الكائنات الراقية.

(٥) طريق ذو اتجاهين لتكوين حمض الخليك المزدوج (Acetoacetic acid) وهذا الحمض اذا زادت نسبته فى الدم و لم يتمكن من التحول الى حمض الخليك النشط بسبب او بآخر تحول الى مركبين احدهما الأسيتون بعد خروج ثانى اكسيد الكربون والثانى D-β-Hydroxybutyric acid و يتسبب عن هذين المركبين الاخيرين فقد الرصيد القلوى للدم و بالتالى حدوث حالة الاغماء و تسمى هذه المركبات الثلاثة (حمض الخليك المزدوج و ما ينتج عنه) الأجسام الكيتونية ketone bodies .

و تنتج هذه الحالة من عدة اسباب منها:

أ – الجوع الشديد حيث يتم حرق السكر من الدم و ينفذ الجليكوجين من الكبد فيضطر الجسم لهدم الدهون للحصول على الطاقة فيتوفر فائض من حمض الخليك النشط الناتج عن اكسدة الدهون لا يصاحبها قدر كافى من مركبات دورة حمض الستريك ومصدرها كربوهيدرات فيتحول الفائض الى الجسام الكيتونية.

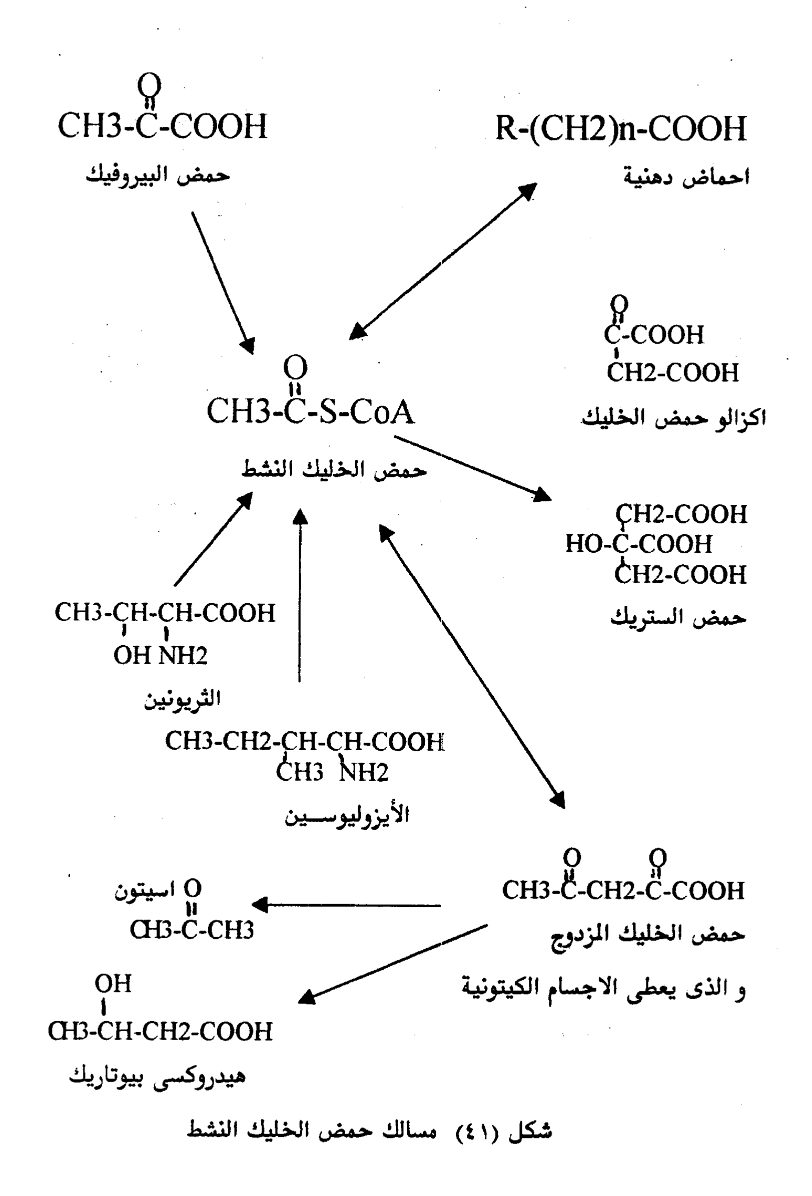
ب – مرضى السكر بسبب عدم القدرة على حرق السكر و تحويله الى حمض البيروفيك فيتصرف الجسم كما لو لم يجد كربوهيدرات و يتخذ وجود الأسيتون فى البول برائحته المميزة علامة واضحة على تدهور حالة المريض بالسكر.

جـ –عند تعاطى جرعة زائدة من الانسيولين لمرضى السكر ، حيث يتم حرق

جميع السكر من الدم و يتصرف الجسم كما لو كان فى حالة الجوع الشديد.

د – تعاطى كمية كبيرة من الدهون او القيام بمجهود كبير مفاجئ.

هـ – تصاحب هذه الحالة تسمم الحمل فى الاغنام و زيادة الدرار فى البقار.



شكل (٤١) مسالك حمض الخليك النشط

الفصل الثالث

كيمياء البروتينات

CHEMISTRY OF PROTEINS

اقسام البروتينات

يمكن تقسيم البروتينات الى ثلاثة اقسام رئيسية بالنسبة لخواصها الفيزوكيميائية ، وكذا بالنسبة لمكونات الجزء البروتينى المعقد التركيب

البروتينات البسيطة Simple proteins

وهى بروتينات توجد فى الطبيعة وتنتج بالتحليل المائى احماض امينية من النوع (الفا) او مشتقاتها ، وتتبع هذه المجموعة بروتينات منها .

الالبيومينات Albumins

ويعرف هذا النوع من البروتينات بالزلال ويذوب فى الماء ، وفى محاليل الاملاح المتعادلة وينتخثر بالحرارة ومن امثلته البيومين السيرم **Serum Albumin** فى الدم والبيومين البيض **Egg Albumin** فى زلال البيض والبيومين العضلات **Myogen** والبيومين اللبن **Lactabumin** والبيومين البسلة **Kgumelin** والبيومين يوجد فى القمح **Leucosin**

الجلوبيولينات Globulins

لا يذوب هذا النوع من البروتينات فى الماء ولكنه يذوب فى محاليل الاملاح المتعادلة ولا يذوب فى المحاليل المشبعة او نصف المشبعة من كبريتات الامونيوم يتخثر بالحرارة ، ومن امثلة هذه المجموعة : جلوبيولين مصل الدم **Serum Globulin** ويرسب هذا البروتين بالمحاليل نصف المشبعة من كبريتات الامونيوم ويحتوى على ثلاثة انواع من الجلوبيولين هى أ، ب، ج والاخير يحتوى على مضادات الاجسام **Anti – bodies** التى تحمى الجسم من الميكروبات المرضية .

ومن امثلتها ايضا ما يوجد فى مح البيض ويسمى Ovaglobulin وما يوجد فى العضلات ويسمى **Myosin** وما يوجد فى بذور العنب ويسمى Edestin وما يوجد فى الفول ويسمى Phascolin وفى البسلة ويسمى Legumin وفى الجوز البرازيلى ويسمى Excelsinوفى الفول السودانى ويسمى Arachin وفى اللوز ويسمى Amandin

الجلوتيلينات Glutelins

وهو عديم الذوبان فى الماء او المحاليل الملحية المتعادلة ولكنه يذوب فى الاحماض او القلويات المخففة ويوجد هذا النوع من البروتينات فى النباتات فقط ، مثل :جلوتين القمح ويسمى Glutenin والارز ويسمى Oryzenin .

البرولامينات Prolamins

وهو بروتين نباتى ويتبع مجموعة الجلوبيولينات الا انه يختلف فى قابليتـة للذوبـان فى الكحول ٨٥٪ ومن امثلته الجليادين Gliadin فـى القمـح والهوردئـين Hordeinفـى الشعير والذايين Zein فى الذرة .

السكليربروتين Secleroprotein

ويسمى ايضا الالبومينويدات ، وهو بروتين عديم الذوبان فى المذيبات المختلفة ويكون معظم الهيكل البنائى لانسجة الحيوان ، وعادة يقسم الى ثلاث مجاميع هى:

أ-الكيراتين Keratin ويكون الجزء الصلب من الشعر والريش والاظافر والقرون.

ب- الايلاستين Elastin ويكون النسيج المطاط فى الحيوان

جـ الكولاجين Collagen ويسمى ايضا الجيلاتين Gelatinويكون المادة الناعمة المحيطة بالنسيج المتصل بالعظام وكذا يوجد فى قشور الاسماك.

الهستونات Histons

ويذوب هذا النوع فى الماء وفى الاحمـاض المخففـة او القواعـد وهـو ذو تأثـير قلـوى ضعيف بسبب احتوائـه على الاحمـاض ثنائيـة الامـين ومـن امثلتـها : جلوبـين Globin الهيموجلبين ، وتحتـوى الهسـتونات علـى ١٨-١٩٪ ازوت والبعـض منـها يحتـوى علـى الكبريت وعند تحليلها ينتج عدد كبيرا من الاحماض الامينية القاعدية .

البروتامينات Protamins

هى بروتينات تذوب فى الماء وفى الاحماض المخففة ولاتتخثر بالحرارة وتحتوى على نسبة كبيرة من الاحماض الامينية القاعدية وتوجد عادة متحدة مع الاحماض النووية وجزئ البروتامين اصغر من جزئ معظم البروتينات لذا يمتاز بخاصية الانتشار.

ويمكن تقسيم البروتينات البسيطة بطريقة سهلة كالاتى :

* **بروتينات تذوب فى الماء**

(١) يتخثر بالحرارة : الالبيومين

(٢) لا يتخثر بالحرارة

أ- لايذوب في الامونيا (الهستون)

ب- يذوب فى الامونيا (بروتامين)

* **بروتينات لاتذوب فى الماء :**

(١) يذوب فى ملح الطعام (جلوبيولين) ويتخثر بالحرارة

(٢) يذوب فى الكحول (برولامين)

(٣) يذوب فى الاحماض والقلويات (جلوتلين)

(٤) لا يذوب فى شئ (سكليروبروتين)

البروتينات المركبة (المرتبطة)
Compound protein

وتوجد هذه البروتينات فى الطبيعية ايضـا وعنـد تحليلـها مائيـا تنتـج بالاضافـة الى الاحماض الامينية من نوع (الفا) جزيئات اخرى غير بروتينية تكون مرتبطة اصلا بـالجزء

البروتيني وتعرف بالمجموعة التعويضية Prosthetic Group ومن هذه المواد غير البروتينية : الكربوهيدرات او الهيم او الاحماض النووية او الليبيدات او الفلزات ، ولذا تقسم البروتينات المركبة الى عدة اقسام تسمى حسب المجموعة التعويضية التى تدخل فى تركيب الجزئ وهى .

البروتينات النووية Nucleoproteins

وهى من اهم مركبات نواة الخلية وتتكون من جزئ بروتين متحدا مع الاحماض النووية وهذه البروتينات معقدة التركيب ذات وزن جزيئى مرتفع تحتوى على الفوسفور علاوة على الازوت .

الكروموبرتينات Chromoprotein

وتسمى ايضا البروتينات المعدنية Metallo – proteins وهى بروتينات مركبة مع جزئ ملون يحتوى على فلز مثل الهيموجلبين الذى يحتوى على الحديد وتشتمل ايضا كثيرا من الانزيمات التى تحتوى على فلزات مثل المنجنيز والحديد او الكوبلت او النحاس وغيرها.

الفوسفوبروتينات Phosphoprotein

وهى بروتينات تحتوى على فوسفور ، وبالتحليل المائى لها ينفرد الفوسفور ، ومن امثلتها كازين اللبن Casein والكازينوجين Caseinigen وفيتالين البيض Vetellin

الجلوكوبروتينات Glucoproteins

وهى البروتينات المرتبطة مع مجموعة كربوهيدرات وتعرف ايضا باسم ميوكوبروتين Mucoproteinومن امثلتها الميوسين Mucinفى اللعاب والجزء الكربوهيدراتى فيها اما ان يكون سكر عديد او سكر بسيط او احد مشتقاته فمثلا يتحلل الميوسين مائيا وينتج عن ذلك مخلوط من الاحماض الامينية وهكسوزات وامينات واحماض يوروني**ة** .

الليبوبروتينات lipoprteins

وهى بروتينات مرتبطة مع مواد دهنية وقد سبق الاشارة اليها فى اقسام الليبيدات .

البروتينات المشتقة
Derivative proteins

ومعناها مشتقات البروتينات التى تنتج اثناء عملية التحليل المائى للبروتينات قبل الوصول الى الناتجات النهائية التى هى الاحماض الامينية ، وهى يترتب تعقيدها الى الابسط كما يلى:

١- ميتابروتين Metaprotein : وهى من انواع تحلل او هضم الالبيومين والجلوبيولين ، وهى عديمة الذوبان فى الماء او الاحماض المعدنية المركزة وتذوب فى المخففة.

٢- البروتوزات Proteoses : وتذوب فى الماء وتتخثر بالحرارة وترسب بكبريتات الامونيوم المشبعة .

٣- الببتونات Peptones : تذوب فى الماء ولا تتخثر بالحرارة ولا ترسب بكبريتات الامونيوم المشبعة ، وهى الناتج النهائى لعملية هضم البروتينات فى المعدة

٤- عديدات الببتيد Polypeptides وهى سلسلة من الاحماض الامينية .

٥- الببتيدات الثنائية Dipeptides مركب من حمضين امينين فقط .

٦- الاحماض الامينية Amino acids وسوف نذكرها تفصيلا فيما يلى

الاحماض الامينية
Amino Acid

الاحماض الامينية هى الوحدات البنائية للبروتين ، وهى مركبات عضوية تحتوى على مجموعة كربوكسيل على الاقل وعلى مجموعة امين على الاقل ، ومن هنا جاء اسمها " احماضا امينية " ويمكن اعتبار الاحماض الامينية مشتقة من الاحماض الدهنية باستبدال ذرة الهيدروجين من مجاميع الاكيل بمجموعة امينو (-NH2).

فإذا استبدلت ذرة الهيدروجين من مجموعة الاكيل لحمض الخليك بمجموعة امين تنتج حمض " امينو الخليك Amino Acetic Acid والذى يعرف بالجلايسين Clycine شكل(٤٢).

$$H - \underset{H}{\overset{H}{C}} - COOH \longrightarrow H - \underset{NH_2}{\overset{H}{C}} - COOH$$

حمض دهنى   حمض امينى

الخليك   الجلايسين

شكل (٤٢) الأحماض الأمينية مشتقة من الأحماض الدهنية

اما فى الاحماض الدهنية التى تحتوى على اكثر من ذرتى كربون فإنـه ينتج عنـهما احماض متشابهة تشابها وضعيا لوضع مجموعة الامين فى الجزئ او بمعنـى اصح حسب موضع مجموعة الامين بالنسبة لمجموعة الكربوكسيل فى الحمض الامينـى وتنتـج احماضا امينية (الفا – بيتا – جاما ... الخ)

$$\gamma \quad \beta \quad \alpha$$

$$R - C - C - C - C - COOH$$

$$\ldots 5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1$$

وقد يسمى الحمض الامينى تبعا لـترقيم ذرات الكربـون فـى الجـزئ ابتـداء مـن ذرة الكربون فى مجموعة الكربوكسيل كما فى الشكل السابق .

وقد تم الان فصل اكـثر مـن ٢٠٠ حمضـا امينيـا مختلفـا مـن النباتـات والحيوانـات والكائنات الدقيقـة ، ولكـن لم يعـثر الا علـى اقـل مـن ثلاثـين حمضـا منـها فـى تركيـب

البروتينات ، اما الباقى فيوجد فى حالة حرة ، واتفق على تقسيم الاحماض الامينية التــى فى البروتينات ، الى نوعين :

(١) تلك التى توجد بصفة مستديمة فى معظم البروتينات ، وعددها ٢١ حمضا

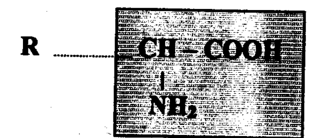
(٢) التى توجد احيانا في نوع واحد من البروتينات ، وهى غير منتشرة انتشارا واسعا وهى ايضا على نوعين :

(أ) ماوجد منها فى بروتين واحد فى الحيوانات او النباتات الراقية .

(ب) وما وجد منها فى بناء بروتين الاحياء الدقيقة ، ولم يوجد فى بروتينات الحيوانات الراقية .

وعدد ما ينتمى الى هذين النوعين الاخريين لا يتعدى تسعة احماض .

وجميع الاحماض الامينية الفسيولوجية بإستثناء البعض منها (مثل البرولين والهيدروكسى برولين) عبارة عن احماض الفا امينية ، وعلى ذلك يكون الرمز العام لها .



شكل (٤٣) البناء العام للحمض الأمينى

نقطة التعادل الكهربى Isoelectric point

ويحسن التعبير عن الاحماض الامينية المتعادلة كهربيا بانها املاح التاين ومتعادلة داخليا عن طريق مجاميع الامين والكربوكسيل الداخلية فى تركيب الجزئ ، ولكن يجب ملاحظة انه تحت ظروف التعادل الكهربى تكون الاحماض الامينية المتأنية فى حالة تتساوى فيها الشحنات الموجبة والشحنات السالبة تظل الايونات ثابتة لا تتحرك فى المجال الكهربى ، وبذا لا يكون لها شحنة ظاهرة فيكون الجزئ متعادلا كهربيا حين تتساوى الشحنات الموجبة و الشحنات السالبة وتعرف هذه الحالة بنقطة التعادل الكهربى **Isoelectric (Point)**

القطبية

نظرا لان الاحماض الامينية تحتوى على سلسلة جانبية بخلاف مجموعتى الامين والكربوكسيل الرئيسيتين فى الحمض فان هذه السلسلة قد تكون محتوية على مجموعات تحوى شحنات كهربية ، وتسمى السلسلة فى هذه الحالة " قطبية **(Polar or Hydrophilic)** ويسمى الحمض الذى يحتويها حمضا قطبيا وقد لاتحتوى على مجموعات وتسمى سلسلة " غير قطبية " **(Non polar or Lipophilic)** ويسمى الحمض الذى يحتويها حمضا غير قطبى ، كما ان الاحماض القطبية السلسلة تنقسم الى ثلاثة اقسام تبعا لنوع الشحنات السائدة فى ايونات السلسلة الجانبية هى :

السلسلة المتعادلة :اى التى تحتوى على ايونات سالبة واخرى موجبة متساوية فتعادل بعضها بعضا ، وبعض الاراء ترى انها حمضا غير قطبى والبعض الاخر يرى انها قطبية متعادلة.

السلسلة الكاتيونية : وهى التى تحتوى على ايونات موجبة سائدة

السلسلة الانيونية : وهى التى تحتوى على ايونات سالبة سائدة .

تقسيم الاحماض الامينية تبعا لعدد مجموعات الامين والكربوكسيل

تنقسم الاحماض الامينية الى ثلاثة اقسام :

الاول : ويشمل الاحماض الامينية المحتوية على عدد متساوى من مجموعات الامين والكربوكسيل وتسمى الاحماض الطبيعية او المتعادلة ، وهى قسمان ايضا :

(١) الاحماض احادية الامين احادية الكربوكسيل : ويتبعها معظم الاحماض الشائعة .

(٢) الاحماض ثنائية الامين ثنائية الكربوكسيل : ويتبعها حمضين هما الاسبارجين والجلوتامين

الثانى : ويشمل الاحماض المحتوية على عدد من مجموعات الامين اكثر من مجموعات الكربوكسيل وتسمى ايضا احماضا قاعدية وتشمل ثلاثة احماض هما اللايسين والارجنين والهستدين .

الثالث : ويشمل الاحماض المحتوية على عدد من مجموعات الكربوكسيل اكثر من مجموعات الامين ، وتسمى احماضا حامضية وتشمل حامضان هما : الاسبارتيك والجلوتاميك

التقسيم الوظيفى للأحماض الأمينية

اولا: الاحماض الامينية ذات السلسلة الاليفاتية

وتشمل ١٦ حمضا من الاحماض ال(٢١) وتشمل خمسة مجموعات:

(١) الاحماض الهيدروكربونية : وهى : الجلايسين – الالانين – الفالين–الليوسين – الايزوليسين .

(٢) الاحماض الكبريتية (المحتوية على الكبريت) : وهى الميثايونين – السستائين – السستين

(٣) الاحماض الهيدروكسيلية : وهى السيرين – الثريونين

(٤) الاحماض الحامضية : وهى حمض الجلوتاميك واميده الجلوتامين وحمض الاسبارتيك واميده الاسبارجين.

(٥) الاحماض القاعدية : وهى الايسين والارجنين.

ثانيا : الاحماض الامينية العطرية :

وتشتمل على حمضين هما : الفينيل الانين والتيروزين

ثالثا : الاحماض الحلقية :

وتشتمل على حمضين هما الهستدين ، التريتوفان

رابعا : الاحماض الإيمينية :

ويشمل حمضا واحدا هو البرولين

وتقسم الاحماض الامينية تبعا لكونها تخلق داخل اجسام الثدييات والطيور ام لا الى احماض امينية ضرورية وعددها عشرة هى .

الفالين	الليوسين	الايزوليوسين	الثريونين	الميثايونين
اللايسين	الارجينين	الفينيل الانين	الهستدين	التريتوفان

الاحماض الامينية غير الضرورية وهى الاحدى عشر الباقية

الا انه من الناحية العملية فقد جرى العرف على ضرورة تقدير ستة عشر حمضا هى : العشرة سابقة الذكر وهى العشرة الضرورية وستة اخرى هى .

الجلايسين : حيث لا يخلق بالقدر الكافى فى الطيور النامية وعالية الانتاج .

السيرين : حيث انه لا يخلق الا من الجلايسين .

التيروزين : حيث لا يخلق الا من الفينيل الانين .

السستين : حيث لا يخلق الا من الميثايونين .

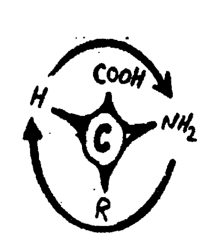
الجلوتاميك : حيث لا يخلق بالقدر الكافى فى الحيونات والطيور المريضة.

البرولين : حيث لا يخلق فى الجسم بالقدر الكافى .

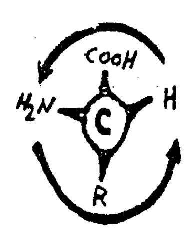
الدوران النوعى Specific Rotation

وتعتبر الصفة الهامة للاحماض الامينية البروتينية هى فاعليتها الضوئية (Optical Activity) وباستثناء الجلايسين فان كل هذه الاحماض الامينية ال(٢٠) الباقية لها نشاط ضوئى اى لها القدرة على دوران الضوء المستقطب المار بها ويرجع ذلك لوجود ذرة كربون واحدة أو اكثر توجد عليها مجموعات كيميائية فى اوضاع غير متماثلة ، ومن ضمن

الاحماض الامينية البروتينية ذات الفاعلية الضوئية ثمانية عشر حمضا تتميز عشرة منـها بالدوران اليمينى (+) وثمانية بالدوران اليسـارى (−) الا ان جميعـها تقريبـا تتبـع التمـاثل البنائى (L) ، وهى تلك البنية التى تكون روابط التكافؤ فى النموذج الرباعى السطوح لذرة الكربون المتماثلة فى عكس اتجاه عقارب الساعة.



(أ) النسق البنائى (D)
تتابع الهيدروجين و الكربوكسيل
والامين فى اتجاه عقارب الساعة



(ب) النسق البنائى (L)
تتابع الهيدروجين و الكربوكسيل
و الامين فى عكس اتجاه عقارب الساعة

شكل (٤٤) نسقى بناء الأحماض الأمينية D , L

وعند تحضير الاحماض الامينية كيميائيا فى المعمل نحصل على مركب لايؤثـر علـى الضوء المستقطب وهو عبارة عن مخلوط مـن كـل المتشـابهات الضوئيـة البنائيـة للحمـض الامينى ولذلك توضع امام اسم هذه المركبات علامة (± DL)وتسمى راسيمات (Rasemat) وتعتبر الصورة (-L) هى الصورة الفعالة غـذائيا نظـرا لان جميـع البروتينـات المختلفـة فـى اجسام الكائنات الراقية تحتوى احماضا الفا امينية على الصورة (L).

الا انه عند اختبار التأثير الغذائى للراسيمات (الصور المختلفة صناعيا) وجد انها تتفاوت فى التأثير الغذائى بالنسبة للصورة الطبيعية .(L-)

ومنها ما كانت قيمته الغذائية ٥٠٪ من الصورة (L-) ومعنى ذلك ان الصورة (D+) تكون غير فعالة غذائيا اى تساوى صفر ، كما فى اللايسين ولذلك يجب ان يضاف اللايسين على الصورة (L) فى العلائق واذا اضيفت على الصورة (DL±) فيجب مضاعفة الكمية المضافة عن الاحتياجات .

ومنها ما كانت قيمة الغذائية ١٠٠٪ من الصورة (L-) ومعنىذلك ان الصورة (D+) فعالة غذائيا مثل الصورة (L-) تماما ، ومثال ذلك ؛ الميثايونين ، وهو يضاف الى العلائق فى اى صورة كانت ، وتعتبر الراسيمات المخلقة صناعيا منه (DL±) ذات فاعلية غذائية كاملة ، ومنها ما كانت قيمتة بين هذا وذاك .

تواجد الاحماض الامينية فى البناء البروتينى

سبق ان ذكرنا ان عدد الاحماض الامينية التى امكن عزلها ودراستها تزيد عن ٢٠٠ حمضا الا ان عدداً قليلا منها هو الذى امكن اثبات انه يدخل فى بناء البروتينات .

وفى هذا الكتاب سوف نصطلح على تسمية الاحماض الامينية التى تدخل فى بناء البروتين او تنتج عن تحليله فى الجسم اثناء التمثيل الغذائى او اثناء ايضه او يكون لها وظيفة فسيولوجية بشكل او باخر **بالاحماض الامينية الفسيولوجية** . **Physiological amino acid** اما الاحماض التى قطع بانها هى التى تدخل فى بناء البروتينات " **الاحماض الامينية البروتينية** **Proteinic amino acid**، وعددها ٢٨ حمضا ، اما

الاحماض الامينية التى تبنى فى بروتينات الكائنات الراقية اى بعد استثناء الاحماض التى تبنى فى الاحياء الدقيقة فقط فنسميها ب" **الاحماض الامينية البروتينية الحقيقية True proteinic amino acid** ويشيع منها ٢١ حمضا امينيا حيث ان الباقين لا يوجدون الا فى بروتينات خاصة قليلة الانتشار ولذلك تسمى هذه الاحماض ال(٢١) بـ" الاحماض الامينية الشائعة " وهى التى نركز دراستنا هنا عليها .

تواجدها فى البروتينات المختلفة

فى الوقت الحالى وبعد ان اصبح من المعروف تفصيلا التركيب الوصفى والكمى للاحماض الامينية لعدة عشرات من البروتينات فانه قد سمحت دراستها لاقرار بعض القواعد عن تواجد تلك الاحماض الامينية فى البروتينات ، فمثلا :

١- الليوسين واللايسين والاسبارتيك والجلوتاميك توجد فى البروتينات بكميات كبيرة (١٠ -١٥٪) لكل منها ، وعلى العكس من ذلك فان نصيب التريتوفان والستائين والهستدين قليلا ما يزيد عن(١,٥ - ٢٪) وتتراوح كمية بقية الاحماض الامينية عادة بين القيم السابقة .

٢- يكون دائما فى البروتينات (باستثناء الببسين) الايزوليوسين اقل من الليوسين وهما حمضان لهما سلسلة اليفاتية غير قطبية مكونة من ست ذرات كربون ، وايضا وعلى نفس النسق يكون الهيستدين اقل من الارجنين وهما حمضان قاعديان والثريونين اقل من السيرين وهما حمضان هيدروكسيليان ، والاسبارتيك اقل من الجلوتاميك وهما حامضيان .

٣- بعض البروتينات تتميز بوجود احماض امينية متخصصة تماما ، فمثلا : بروتين (السالمين Salmin) وهو بروتامين لقاح ذكور سمك السالمون يتكون من ٨٥,٢٪ ارجنين ٩,١٪ سيرين .

٤- ويحتوى بروتين حرير القز على ٢٩,٧٪ الانين ٤٣,٦٪ جلايسين ، ١٢,٨٪ تيروزين ، ١٦,٢٪ سيرين ، بينما تكون النسبة المئوية لباقى الاحماض الامينية ضئيلة .

٥- بروتين زايين الذرة لا يحتوى على الجلايسين او اللايسين .

٦- الجيلاتين والكولاجين والاليستين لاتحتوى على تربتوفان .

٧- الفوسفوتين لا يحتوى على السستين .

٨- الهيموجلبين لا يحتوى على ايزوليوسين.

٩- الانسولين لا يحتوى على الميثانويين ولا التربتوفان .

١٠ – هرمون النمو فى الغدة النخامية لا يحتوى على ميثايونين ولا سستيئين ولا سستين .

و فيما يلى التركيب البنائى للأحماض الأمينية الثلاثة و العشرين التى تدخل فى بناء البروتينات.

الأحماض الأمينية المتعادلة

الجلايسين Glycine (Gly)

$$H-CH(NH_2)-COOH$$

الألانين Alanine (Ala)

$$CH_3-CH(NH_2)-COOH$$

الفالين Valine (Val)

$$(H_3C)_2CH-CH(NH_2)-COOH$$

الليوسين Leucine (Leu)

$$(H_3C)_2CH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

شبيه الليوسين (الأيزوليوسين)
iso-Leucine (Ile)

$$CH_3-CH_2-CH(CH_3)-CH(NH_2)-COOH$$

الأحماض الأمينية الهيدروكسيلية

السيرين Serine (Ser)

$$CH_2(OH)-CH(NH_2)-COOH$$

الثريونين Threonine (Thr)

$$CH_3-CH(OH)-CH(NH_2)-COOH$$

الأحماض الأمينية الكبريتية

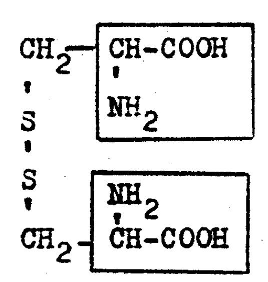
السيستيئين Cysteine (Cys)

$$\underset{\displaystyle SH}{CH_2} - \underset{\displaystyle NH_2}{CH} - COOH$$

الميثايونين Methionine) (Met)

$$\underset{\displaystyle S-CH_3}{CH_2} - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{CH} - COOH$$

السيستين Cystine



الأحماض الأمينية الحامضية

حمض الأسبارتيك

Aspartic acid (Asp)

$$HOOC-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-COOH$$

الأسباراجين

Asparagine (Asn)

$$H_2N-\underset{\displaystyle O}{\overset{}{C}}-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-COOH$$

حمض الجلوتاميك

Glutamic acid (Glu)

$$HOOC-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-COOH$$

الجلوتامين Glutamine (Gln)

$$H_2N-\underset{\displaystyle O}{C}-CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-COOH$$

الأحماض الأمينية القاعدية

الأرجينين Arginine (Arg)

$$H-N(-C(=NH)-NH_2)-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

اللايسين Lysine (Lys)

$$CH_2(NH_2)-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

الهيدروكسى لايسين
Hydroxylysine (Hyl)

$$CH_2(NH_2)-CH(OH)-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

الهستيدين Histidine (His)

$$(C_3H_3N_2)-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

الأحماض الأمينية العطرية

الفينيل الانين Phenylalanine (Phe)

$$C_6H_5-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

التيروزين Tyrosine (Tyr)

$$HO-C_6H_4-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

التربتوفان Tryptophan (Try)

$$(C_8H_6N)-CH_2-CH(NH_2)-COOH$$

البرولين Proline (Pro)

$$\text{Proline: pyrrolidine ring with N–H, } COOH$$

الهيدروكسى برولين Hydroxyproline (Hyp)

$$\text{Hydroxyproline: HO on pyrrolidine ring with N–H, } COOH$$

روابط بناء البروتين
PROTEIN STRUCTURE BANDS

تتكون البروتينات من لبنات اساسية كما تبنى البنايات المعمارية من الطوب والاحجار وتعتبر الاحماض الامينية السابق شرحها هى البناءات البروتينية وكما ترتبط وحدات البناء المعمارى بمواد لاصقة مثل الخرسانة والجير والجبس والغراء وغيرها فإن الاحماض الامينية (التى هى بناءات اساسية للبروتين) تترابط ايضا فيما بينها بواسطة روابط مختلفة متباينة القوة ويناسب كل منها حالة معينة او نوعية معينة من الاحماض الامينية وتتكاثف الوحدات المكونة لجزئ البروتين تكثيفا ببتيديا على صورة سلسلة طويلة ثم تتكاثف هذه السلسلة مع بعضها فى كتل وطبقات فى بناء ثانوى ثم تتراكم هذه الطبقات والكتل فى صورة بناء ثالثى او رابعى ، ويمكن ايجاز الروابط فى بناء البروتين فيما يلى :

(١) الروابط البيتيدية Peptide Bond

وهى تتكون نتيجة اتحاد مجموعة الكربوكسيل من حمض امينى مع مجموعة الامـين التى فى الوضع (الفا) من الحمض الامينى الاخر ، ويخرج جزئ الماء ، وهذه الرابطة هى اساس البناء البروتينى و اهم روابط البروتين و اكثرهـا ثباتـا، و يـترتب علـى تكـون هـذه الرابطة ظهور سلاسل قصيرة او طويلة جدا شكل (٤٥).

CH_2-COOH + HNH (CH_2-COOH) → $CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-NH-CH_2COOH$

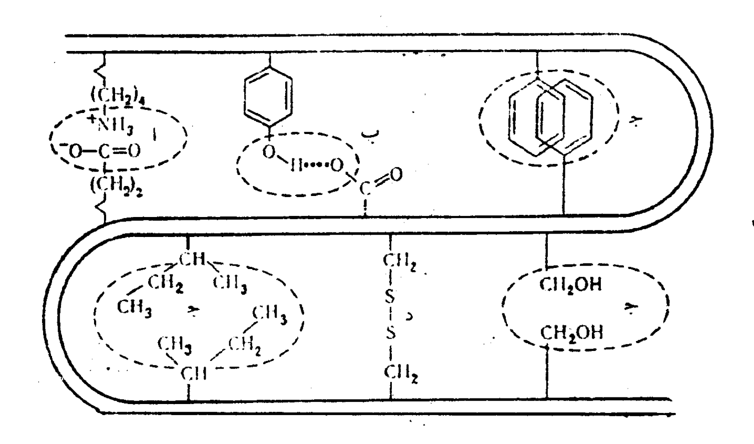
NH_2 (glycine) + glycine → Glycylglycine + OH_2

$$HNH-\underset{}{\overset{R}{CH}}-COOH \quad HNH-\overset{R}{CH}-COOH \quad HNH-\overset{R}{CH}-COOH$$

شكل (٤٥) الرابطة البيتيدية

(٢) الرابطة الهيدروجينية HYDROGEN BOND

تحدث هذه الرابطة حينما تحمل ذرة الاكسجين او ذرة النيتروجين زوجا غير مشطور من الالكترونات بالقرب من مجموعة تحتوى علـى بروتـون مرتبـط ارتباطـا ضعيفـا ، وهـى تتكون من CO , NH^2 شكل (٤٦ – ب) ،و تمثل هذه الرابطة المادة الاسمنتية التـى تربـط بنايات الجزئ البروتونى .



شكل (٤٦)

انواع الروابط بين شقوق بواقى الأحماض الأمينية فى جزئ البروتين

(أ) تفاعل الكتروستاتى (ب) روابط هيدروجينية

(جـ) تفاعل " النقطة الدهنية" (د) الروابط ثنائية الكبريتيد

و يشير الخط الملتوى المزدوج الى متن سلسلة عديد الببتيد

(٣) الرابطة الملحية SALTBOND

وتحدث بين مجاميع ذات شحنات موجبة او سالبة فى الجزئ البروتين نتيجة لقوة التجاذب الالكترستاتيكية شكل (٤٦ – أ).

(٤) الرابطة السستينية

و هى رابطة قوية تربط حمضين من السيستئين فى مناطق التواء السلسلة الببتيدية كما فى شكل (٤٦ – د).

(٥) رابطة النقطة الدهنية

و تنتج عن تلاقى المجموعات المتشابهة فى السلاسل الجانبية للأحماض الأمينية مع بعضها و ينتج التفاعل فى هذه الحالة بسبب دفع جزيئات المذيب للشقوق الكارهة للماء "المنطقة الجافة " شكل (٤٦ – جـ) .

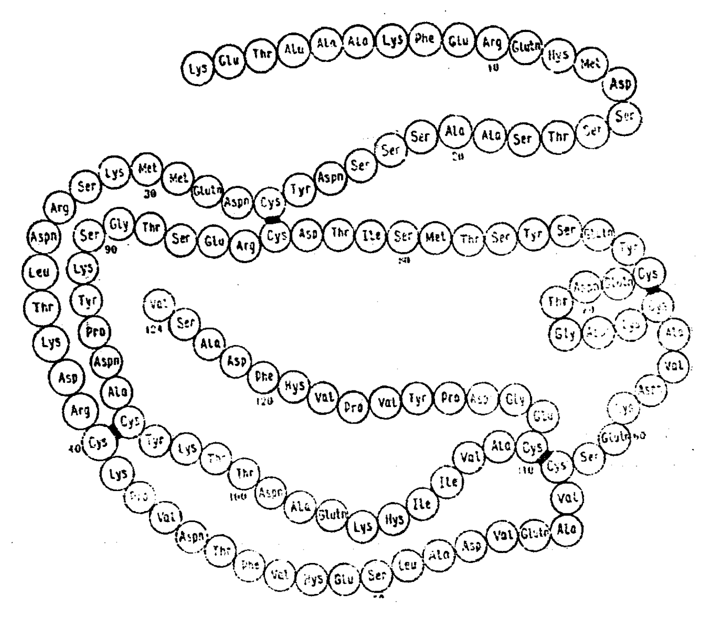
مراتب البناء البروتينى Orders of protein structure

البناء الاولى للبروتين Primary structure

ويقصد به تتابع مواضع الاحماض الامينية فى سلسلة واحدة او عدة سلاسل من عديد الببتيد المكون لجزئ البروتين . وبمعرفة البناء الاولى للبروتين يمكن بالتالى كتابة الصيغة الكيميائية التامة .

ويعتبر التعرف على البناء الاولى للبروتينات من اصعب واعمق العمليات الكيميائية ولذلك فإنه مع التسليم بوجود ضروب لا حصر لها من البروتينات تفوق العدد الخيالى فإنه لم يتمكن العلماء من معرفة التركيب الاولى الا لعدد محدود للغاية من البروتينات البسيطة مثل : الانسيولين ويحتوى على ٥١ حمضا امينيا والسيتوكروم ويحتوى على ١٠٤ حمضا وهموجلوبين الانسان ويحتوى على سلسلتين الفا وبها ١٤١ حمضا وبيتا وبها ١٤٦ حمضا وانزيم الريبو نيوكلييز ويحتوى على ١٢٤ حمضا شكل (٤٧).

ويتوقف تنوع صفات البروتينات المختلفة فى المقام الاول على البناء الاولى للجزيئات البروتينية .



شكل (٤٧)

البناء الأول لجزئ انزيم الريبونيوكليز المفصول من بنكرياس الثور ، و ترمز المستطيلات السوداء الى مواضع الجسولار الثنائية- الكبريتيد

نماذج من البروتينات البسيطة فى البناء الاولى للببتيدات

تم فى الوقت الحاضر فصل مايربو عن ١٢٠ ببتيد منفرد من المصادر الطبيعية ونورد فيما يلى احد هذه الببتيدات :

١ - الجلوتاثيون Glutathione

ويتكون من الجلايسين والسستيئين والجلوتاميك وله دور هام فى منع تكون البيروكسيدات فى جميع الخلايا ومن ثم المحافظة على الجدر الخلوية والتحت - خلوية ، وهو يعتبر مرافق انزيمى لبعض نظم انزيمات الاكسدة والاختزال شكل (٤٨).

$$HOOC-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CO-NH-\underset{\underset{CH_2-SH}{|}}{CH}-CO-NH-CH_2-COOH$$

باقى حامض الجلوتاميك — باقى السيستيين — باقى الجليسين

الجلوتاثيون الصورة المختزلة

```
HOOC—CH2—NH                          NH—CH2—COOH
          |                           |
          CO                          CO
          |                           |
⇄         CH—CH2—S—S—CH2—CH
          |                           |
NH2       NH                          NH        NH2
|         |                           |         |
CH—(CH2)2—CO                          CO—(CH2)2—CH
|                                               |
COOH                                            COOH
```

SS—glutathione

(الصورة المؤكسدة ثنائية الكبريت)

شكل (٤٨)

الجلوتاثيون كواحد من الببتيدات الثلاثية البسيطة

البناء الثانوى للبروتين : Secondary protein structure

يقصد بالبناء الثانوى التركيبات البنائية المميزة لواحـدة او عـدة سلاسـل مـن عديـد البيبتيد التى تدخل فى بناء البروتين . فإذا كان البناء الاولى هو تتـابع الاحمـاض الامينيـة فان البناء الثانوى هو الهيكل البنائى الفراغى (**المجسم**) لكل عديد ببتيـد وقـد لوحـظ ان سلاسل عديد البيبتيد لا تكون فى الواقع كما نتصورها نظريا بإنها سلسلة مسـتقيمة تنتظم فيها الاحماض الامينية على محور مستقيم كما تنتظم حبات السبحة فى الخيط وانما اثبت الفحص بالاشعة السينية وغيرها ان سلسلة عديد البيبتيد تلتف فى شكل حلزونى من النوع α فى اتجاه عقارب الساعة كما فى الشكل (٤٩)

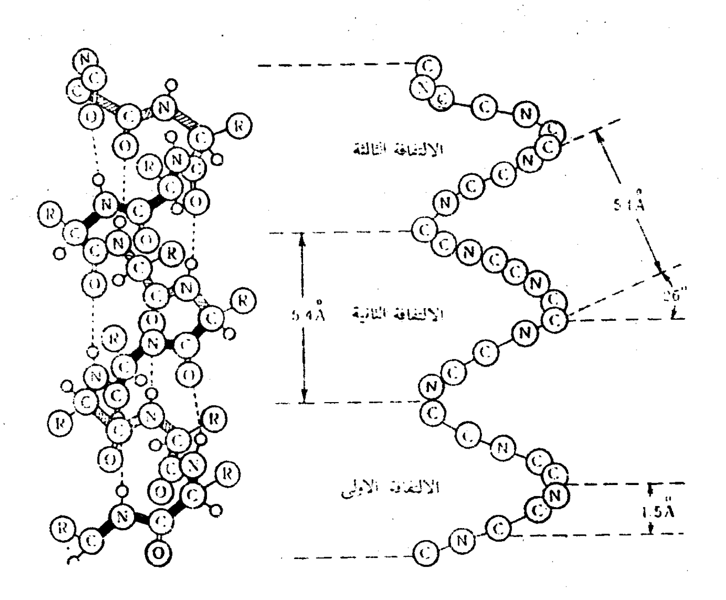
ويدخل فى كل التفافه للحلزون ٣-٦ احماض امينية تكون شقوقها متجهة دائمـا الى الخارج والى الخلف قليلا اى بمعنى انها تكون منحرفة فى اتجاة بداية سلسلة عديد الببتيد . وتكون درجة خطوة الحلزون (المسافة بين الالتفافة و الاخرى) مساوية ٥,٤ انجسترم[1] وزاوية صعود الالتفافة ٢٦° .

وتلعـب الروابـط الهيدروجينيـة دورا هـائلا فـى تكويـن الـتركيب البنـائى للحلـزون والمحافظة عليه وتنشأ هذه الروابط كما علمنا بين مجاميع **NH , - CO**- الموجودة فى متن سلسـلة عديـدة البيبتيـد والواقعـة علـى الالتفافـات الحلزونيـة المتجـاورة (ويرمـز للروابـط الهيدروجينية فى الشكل (... بخط منقط) .

---

(١) الانجسترم وحدة طول دقيقة يساوى جزء من عشرة الاف جزء من الميكرون

وعلى الرغم من ان طاقة هذه الروابط ليست كبيرة الا انه نظرا لعددهــا الكبـير فإنــها تؤدى الى طاقة هائلة تكون كافية لجعل التركيب البنائى للحلزون صلبا وثابتا . وليس مـن الضرورى ان تكون جميع اجزاء او سلاسل الببتيدات فى جزئ البروتين على شكل حلزون محكم قوى الالتفاف بل ربما كان بعضها كذلك وبعضها اقل التفافا وبعضها مستقيما بحيث تتناوب المناطق الملتفة حلزونيا مـع المنـاطق المستقيمة فـى سلاسـل عديـد الببتيـد المكونـه لجزيئات البروتين .



شكل (٤٩)

نموذج و رسم تخطيطى للحلزون الفا فى البناء الثانوى للبروتين

البناء الثالثى للبروتين Tertiary protein structure

ويقصد بالبناء الثالثى لجزئ البروتين " الوضع العام فى الفراغ لوحدات او اكثر من سلاسل عديد البيبتيد المكونة للجزئ والتى تتصل ببعضها بواسطة روابط تساهمية . ويعتبر تعيين البناء الثالثى لجزئ البروتين مسألة معقدة جدا ، وحتى الان لم يتم تعيين البناء الثالثى الا لعدد قليل للغاية من البروتينات من بينها الميوجلوبين (شكل ٥٠ – أ ، ب) واالريبونيوكليز (شكل ٥٠ جـ) و الليسوزيم (شكل ٥٠ – د).

والبناء الاولى يتحكم الى حد كبير فى البناء الثالثى للجزئ ، لان بقايا الاحماض الامينية طبقا لتتابعها فى البناء الاولى تحافظ على وضع سلسلة عديد الببتيد المميز للبناء الثالثى فى الفراغ – واهم دور فى هذه المحافظة هو ما تلعبة الجسور ثنائية الكبريتيد الناشئة عن تتابع السستيئين فى السلسلة :

كما ان هناك طريقة اخرى تعمل على انشاء وتثبيت البناء الثالثى لجزئ البروتين الا وهى القوى المحركة التى تقوم بطى او ثنى سلاسل عديد الببتيد لكى تعطى شكلا ثلاثى الابعاد نتيجة تفاعل شقوق الاحماض الامينية مع جزيئات المذيب المحيط بها . فتندفع الشقوق الطاردة للماء **Lyophobe** داخل الجزئ البروتينى مكونه به منطقة جافة تسمى (النقطة الدهنية) بينما تتوجه الشقوق المحبة للماء **Lyophil** نحو المذيب وعلى ذلك تكون جميع المجموعات القطبية على السطح مثل شقوق اللايسين القطبية فى الداخل كما هو الحال فى الهيموجلبين حيث يبقى الهستدين فى الداخل ليتحد مع مجموعة الهيم .

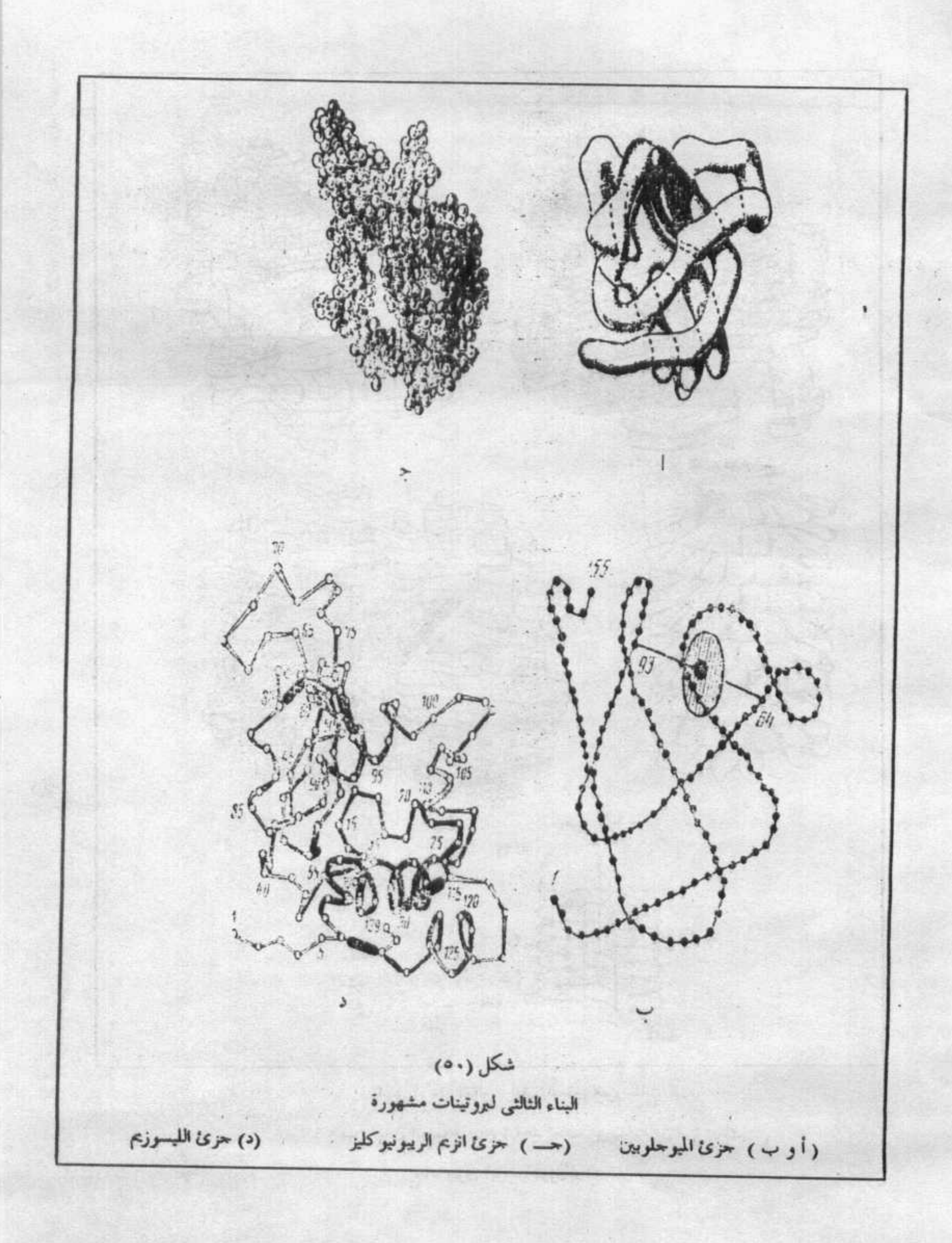
البناء الرابعى للبروتين Quaternary protein strueture

الجزيئات الكبيرة للبروتينات تتكون من تحت وحدات ذات اوزان جزيئية اقل نسبيا ، ويطلق اسم البناء الرابعى على الـترتيب الفراغـى المتبـادل لتحـت الوحـدات فـى جـزئ البروتين الكبير .

فعلى سبيل المثال يتكون الجلوبين الداخل فما تركيـب الهيموجلبـين مـن ٤ وحـدات وكـل تحت وحدة تتكون من سلسلة من عديد البيبتيد اثنين مـن هـاتين السلسـلتين تحتوىعلـى تناسق من الاحماض الامينية فى الوضع (α) والسلسـلتين الاخريتـين فـى الوضـع (β) وترتبط كل سلسلة من السلاسل الاربع بمجموعة هيم (شكـل ٥١ أ ، ب).

ويوضح شكل (٥١ – جـ ، د) رسما تخطيطيا للبناء الرابعى للبروتين المعقد الخاص بفيروس موازيك الدخان ويحتوى الجزئ العملاق (ذو الـوزن الجزيئـى ٤٠ مليـون) علـى عدد كبير من تحت الوحدات تصل الى ٢١٣٠ تحت وحدة وهو فـى مجموعـة يكـون علـى شكل عصا طولها حوالى ٣٠٠٠ A° وتترتب تحت وحداته على شكل حلزونـى تتكـون كـل لفة منه من ١٦ تحت وحدة .

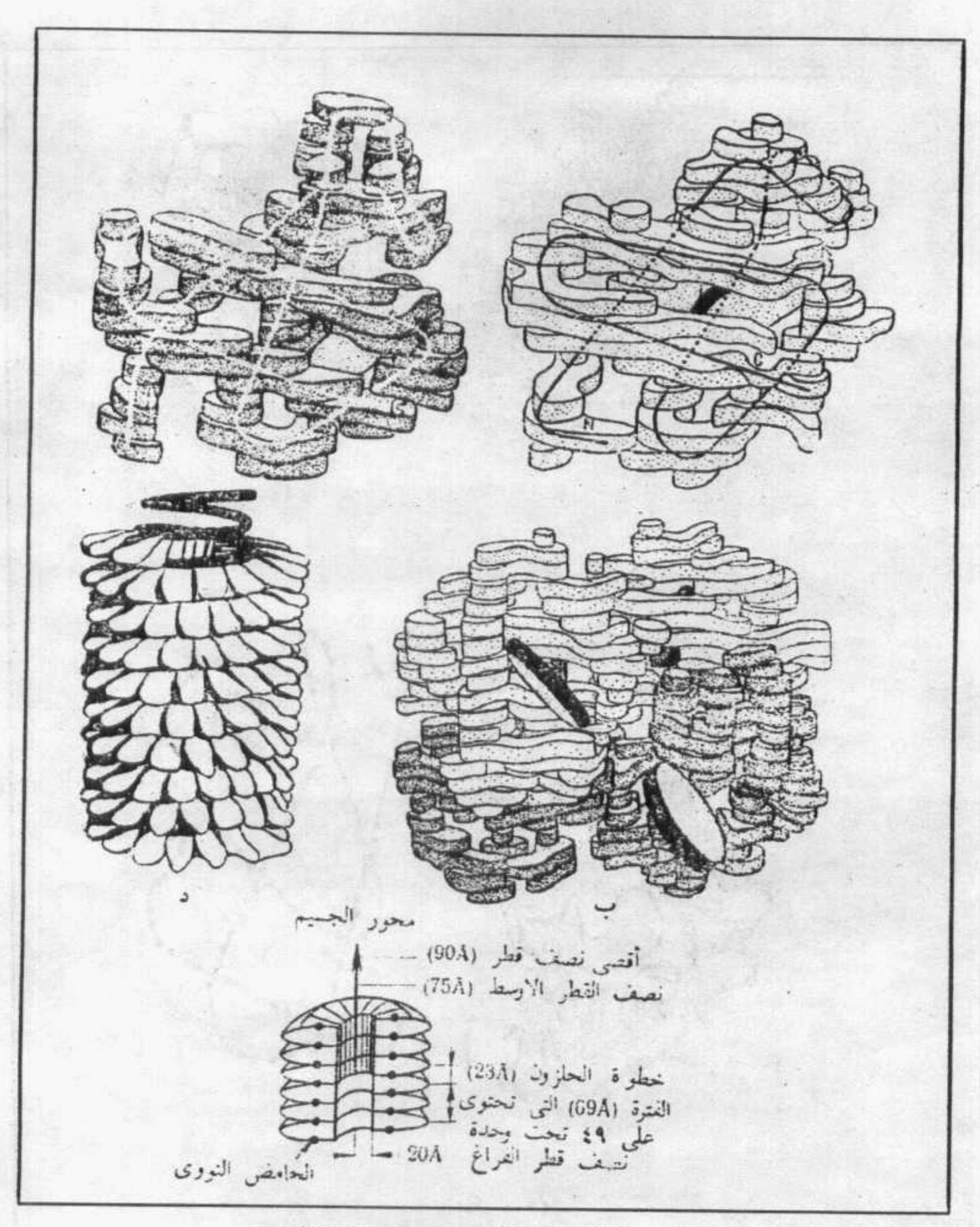
وقد اتفق على ان تسمى الجزيئات الكبيرة ذات البناء الرابعى والتى تتكون من تحت وحدات باسم (المولتيمـيرات Multimers) فـى حـين تسـمى تحـت الوحـدات باسـم " بروتوميرات Protomers"



شكل (٥٠)

البناء الثالثي لبروتينات مشهورة

(أ و ب) جزئ الميوجلوبين (جـ) جزئ انزيم الريبونيوكليز (د) جزئ الليسوزيم



شكل (٥١) البناء الرابعى لبعض البروتينات

أ ، ب جزئ الهيموجلوبين (احد تحت الوحدات من نوع بيتا)

ج ، د جزئ فيروس موزايك الدخان

هضم البروتينات

DIGESTION OF PROTEIN

تنقسم انزيمات التحلل المائى للبروتينات الى نوعين :

النوع الاول: ويعمل على البروتينات المبنية بناء ثانويا او ثالثيا او رابعيا وتنتج سلاسل ببتيدية ولكنها لا تؤدى الى تفكك احماض امينية حرة وتسمى هذه الانزيمات انزيمات (بتيد - بيتيد هيدرولين piptide- piptede hydrlase

النوع الثانى : وهى انزيمات تعمل على السلاسل الببتيدية ونواتج وسيطية وتنتهى الى الاحماض الامينية وتسمى انزيمات ببتيدية.

ومن امثلة النوع الاول فى الحيوانات الراقية والطيور ثلاثة انزيمات هى:

١- البيبسين **Pipsin** وهو يفرز من الغشاء المخاطى للمعدة وهو انزيم متخصص اذ يؤثر على الروابط الببتيدية الناتجة عن الاحماض الامينية الاروماتية (مثل التيروزين والفينيل الانين) او ثنائية الكربوكسيل مثل حمض الاسبارتيك والجلوتاميك .

٢- التربسين Trysin : وهو يفرز من البنكرياس ويؤثر على الرابطة الببتيدية الناتجة عن الاحماض الامينية (الارجينين واللايسين).

٣- الكيموتربسين Chemotrypsin ويفرز من البنكرياس ايضا ويؤثر على الروابط الببتيدية الناتجة عن الاحماض ثنائية الامين مثل اللايسين وايضا الناتجة عن الجلايسين.

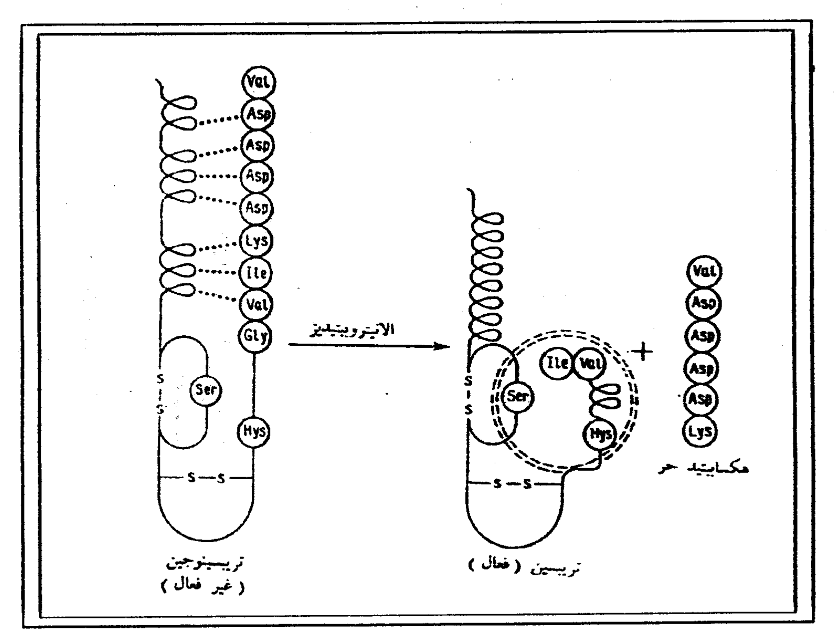
وتفرز هذه الانزيمات الثلاثية على صورة غير فعالة تسمى (**سابقة انزيمية** preenzymes) و اسمها الشائع القديم بسينوجين ، **تربسينوجين و كيموتربسينوجين**

على الـترتيب pepsinogen , trypsinogen, chemotrysinogin ويرجـع ذلـك الى ان مراكزها الفعالة تكون مسدودة بواسطة سلسلة ببتيدية اضافية ، ويكتسب الانزيـم فاعليتـه بعد نزعها بالتحليل المائى .

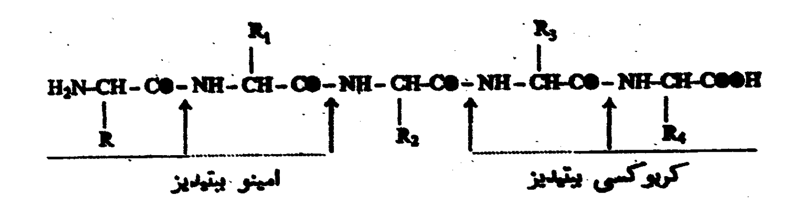
وقد تم بالفعل التعرف على البناء الاولى لكل من التربيسين والكيموتربسـين ويوضـح الشكل (٥٢) عملية تنشيط التربسـين حيـث تشـير (-s-s-) الى الجسـور ثنائيـة الكـبريتيد وتشير الخطوط المنقطة الى الروابط الايونية والهيدروجينية بين مقطع سلسلة الببتيـد الـذى يعوق تكوين المركز الفعال والجزء الحلزونى من جزئ التريسـينوجين ويشـير الخـط الثقيـل (الدائرة) الى مكان المركز الفعال الذى ينشا كنتيجة لانفصال الببتيد السداسـى ويصبـح مـن الممكن فى هذه الحالة فقط الالتفاف الحلزونى للمنطقة الطرفيـة مـن سلسـلة عديـد الببتيـد ويؤدى ذلك الى اقتراب شقوق السيرين والهستدين التى تلعب الـدور الرئيسـى فـى التحلـل المائى الانزيمى لسلاسل عديدة الببتيد .

ومن امثلة النوع الثانى توجد ثلاثة انواع فى القناة الهضمية وتستطيع هذه الانزيمات نـزع الاحمـاض الامينيـة مـن الببتيـد مبتدئـة امـا مـن ناحيـــة الاحمــاض الامينيـــة ذات مجموعةالكربوكسيل و تسمى حينئذ كربوكسى ببتيديز carboxypeptidase او من ناحيـة الاحمــاض الامينيــة ذات مجموعــة الامـــين الحـــرة وتســـمى حينئـــذ امينوببتيديـــز aminopeptidase وفيما يلى توضيح لفعل انزيمات الامينـو والكربوكسـيل ببتيديـز شـكل (٥٣).

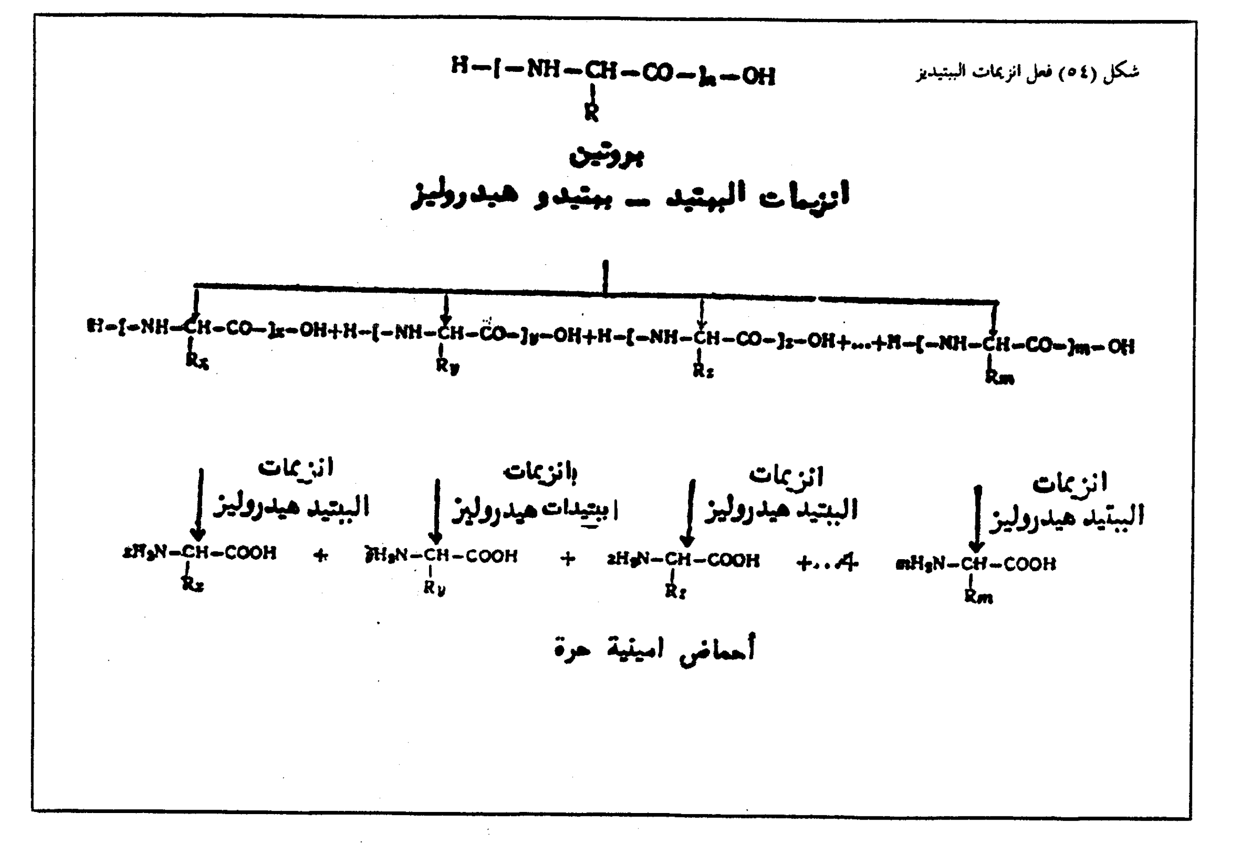
ويطلق على انزيمات الببتيدهيدروليز التى تحلل الببتيد الثنائى الاخير انزيمات ثنائى ببتيديز dipeptidase ويعرف منها حوالى عشرة انزيمات وهى التى تقوم بإستكمال التحلل النهائى للبروتين الى الأحماض الأمينية شكل (٥٤) .



شكل (٥٢) عملية تنشيط التربسين



شكل (٥٣) فعل و موضع عمل انزيمى الكربوكسى ببتيديز و الأمينو ببتيديز



شكل (٥٤) فعل انزيمات الببتيديز

امتصاص الاحماض الامينية
Amino Acids Absorption

علمنا ان الناتج النهائى لهضم البروتينات الحقيقية هـى الاحمـاض الامينيـة ومـع انها تكاد تكون اصغر الوحدات التى تنتـهى اليـها عمليـة الهضـم مقارنـة بالسـكريات او الجلسريدات او الاحماض الدهنية الا انها تخضع لضوابط صارمة عند امتصاصـها. وسـوف نشير الى موجز لهذه الضوابط بشكل مبسط:

(١) الصورة (L) فقط فى الاحماض الامينية هى التى يمكن ان تمتص مـن ميكـوزا الامعـاء بالنقل النشط .

(٢) يدخل فيتامين B_6((Pyridoxal phosphate)) فى المساعدة على امتصاص الاحمـاض الامينية

(٣) يمكن ان تمتص الصورة (D)لكن بالانتشار البسيط وليس بالنقل النشط

(٤) توازن نسب الاحماض الامينية الضرورية فى مكان الامتصـاص ضـرورى لاتمـام عمليـة الامتصاص .

(٤) بعض الاحماض الامينية يتم امتصاصها بمساعدة احد مشتقات حمض البيوتـاريك -∝ amino iso butyric acid وبعضـها تمتـص بمسـاعدة مركـب اخـر 1- amino -cylopentane- 1-carboxylic acid.

(٥) والنقل النشط للاحماض الامينية يتوقف على المعايير التالية (شكل ٥٥)

١- الصورة التماثلية البنائية (الصورة L فقط هى التى تنتقل بهذا الطريق)

٢- وجود مجموعة الكربوكسيل الحقيقية .

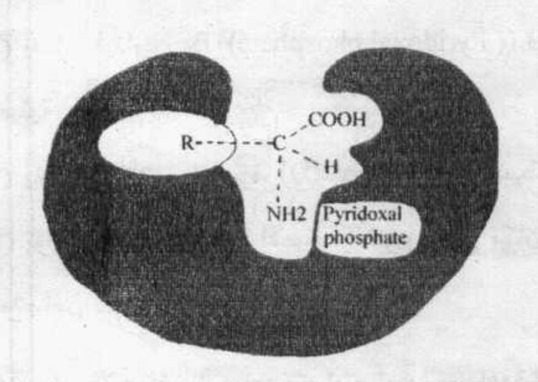
٣- مجموعة الامين فى الوضع الفا

٤- الهيدروجين فى الوضع الفا

٥- وجود البيرودوكسال فوسفات

٦- ذوبان السلسلة الجانبية فى الجزء الدهنى لغشاء الخلية المخاطية

٦- يبدو ان الاحماض الامينية جميعها تشترك فى نظام حملى واحد او ان لكل نظام حملى عدد من الاحماض الامينية فمثلا وجد ان اللايسين والارجنين والاورنسين تشترك فى النظام الحملى مع السستين.



شكل (٥٥)
امتصاص الحمض الأمينى
وعلاقته بتناسق بنائه

٧- ربما يشذ حامض الاسبارتيك والجلوتاميك عن الاحماض الامينية الاخرى فى انها قد تنتقل بالانتشار البسيط ولاتنتقل بالنقل النشط .

٨- ويحتاج النظام الحملى النشط للاحماض الامينية الى ايون الصوديوم كما فى السكريات.

ايض الاحماض الامينية
AMINO ACID METABOLISM

يحدث للأحماض الأمينية تحولات و تفاعلات عديـدة داخـل الجسـم اثنـاء التمثيـل الغذائي حتى يستقر بها الحال الى ما ستؤل اليه من مصير و تنقسم هذه التحولات الى ثلاثة اقسام هي :

(١) تحولات البناء

(٢) تحولات الهدم

(٣) تحولات انتقال و نزع المجاميع النشطة

و القسمين الاول و الثانى نترك تفاصيلهما للكتاب المطول و نتكلم بايجاز عـن القسـم الثالث فيما يلى :

اولا : تفاعلات مجموعة الامين

(١) نزع مجموعة الامين Deamination

ويتم خلالها نزع مجموعة الامين من الحمض الامينى و تخرج مجموعة الامـين لتقـى مصيرهـا بتحولهـا الى بولينـا او تحولهـا الى حمـض كيتونـــى يسـلك طريقــه فـى ايــض الكربوهيدرات السابق شرحه لاعطـاء الطاقـة او تكـون الجليكوجـين او االدهـون و تتـم عملية نزع مجموعة الامين بكيفيتين :

(أ) عندما يرتبط نزع مجموعة الامين بالاكسدة

وفيها تتحول مجموعة الامـين فـى الحمـض الامينـى الى مجموعـة ايمـين اولا ثـم الى مجموعة كيتون ويتم بهذا الطريق تحول : الجلوتاميك الى الفا كيتوجلوتاريك و الاسـبارتيك الى الاكزالوخليك و الجلايسين الى جلايواكسيليك و شكل (٥٦) يوضح احد هذه التفاعلات.

(ب) نزع مجموعة الامين بدون اكسدة

وتتم على ثلاث خطوات : فـى الاولى يتـم نـزع جـزئ المـاء ، و فـى الثانيـة تحـول مجموعة الأمين الى إيمين و فى الثالثة تتحول مجموعـة الكربونيـل التـى كـانت مرتبطـة بالأمين (الإيمين الجديدة) الى مجموعة كيتون و تخرج النشادر .

و تتـم هـذه العمليـة علـى الأحمـاض الهيدروكسـيلية مثـل السـيرين شـكل (٥٧) و الكبريتية مثل السستئين شكل (٥٨).

$$\underset{\text{L-glutamic acid}}{\overset{DPN^+ \; + }{H_2N-CH(COOH)-CH_2-CH_2-COOH}} \rightleftharpoons \underset{\alpha\text{-iminoglutaric acid}}{\overset{DPNH + H^+ \; + }{HN=C(COOH)-CH_2-CH_2-COOH}} + H_2O$$

$$\rightleftharpoons \underset{\alpha\text{-ketoglutaric acid}}{O=C(COOH)-CH_2CH_2-COOH} + NH_3$$

شكل (٥٦)
تحول الجلوتاميك
الى الفا كيتو جلوتاريك

وعموما فان نزع مجموعة الامين تختلف باختلاف نوعية الحمض الأمينى ، فيتم نزع مجاميع الأمين مـن الأحمـاض المحتويـة علـى الكـبريت (السـستئين و الميثـايونين) بـنزع

الأمونيا و كبريتيد الهيدروجين و الميثيل على الترتيب ، بينما يتم نزع مجاميع الأمـين مـن الأحماض الكربوكسيلية (السيرين و الثريونين) بنزع الأمونيا و الماء ، و هكذا .

$$\underset{\text{serine}}{HO-CH_2-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH} \xrightarrow{-H_2O} \underset{\text{intermediate}}{CH_2=\underset{NH_2}{\underset{|}{C}}-COOH} \rightleftharpoons$$

$$\underset{\text{imino acid}}{CH_3-\underset{NH}{\underset{\|}{C}}-COOH} \xrightleftharpoons{\pm H_2O} \underset{\text{pyruvic acid}}{CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-COOH} + NH_3$$

شكل (٥٧)

تحول السيرين الى البيروفيك بنزع مجموعة الأمين و الماء

$$\underset{\text{cysteine}}{HS-CH_2-\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH} \xrightarrow{-H_2S} \underset{\text{intermediate}}{CH_2=\underset{NH_2}{\underset{|}{C}}-COOH} \leftrightarrow$$

$$\underset{\text{imino acid}}{CH_3-\underset{NH}{\underset{\|}{C}}-COOH} \xrightarrow{\pm H_2O} \underset{\text{pyruvic acid}}{CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-COOH} + NH_3$$

شكل (٥٨)

تحول السستيئين الى البيروفيك بنزع مجموعة الأمين و الكبريتيد والماء

الاحماض الامينية الهيدروكسيلية مثل السيزين والثريونين والهرموسيرين تـنزع منـها مجموعة الامين بمساعدة انزيمات متخصصة حيث تنزع مجموعة الهيدروكسيل بنزع شـقى الماء من الحمض الامينى ثم يحول الى حمض كيتونى .

عملية نقل مجموعة الامين Transamination

و هى اهم تفاعلات مجموعة الامين ، وتفاعلات ايض الاحماض الامينية حيث يتم عن طريقها تخليق العديد من الاحماض الامينية وكذلك تحول العديد ايضا منها الى احماض كيتونية تدخل فى عمليات الاكسدة لانتاج الطاقة او تتحول الى سكريات ثم جليكوجين او تتحول الى احماض دهنية ثم دهون .

وهذا التفاعل يعتبر عمليتى نزع واضافة مجموعة الامين Amination 'Deamination فى وقت واحد فى تفاعل واحد بواسطة انزيم واحد .

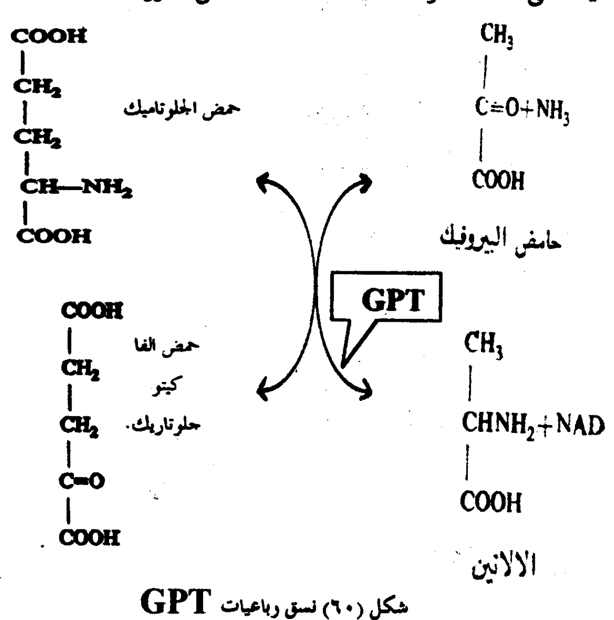
ويلزم لاتمام هذه العملية نظام انزيمى خاص لكل نسق يتكون من اربعة احماض (حمضان امينيان وحمضان كيتونيان) حيث يبدأ التفاعل بحمض امينى مانح وحمض كيتونى مستقبل لينتج حمض امينى وحمض كيتونى آخران ، وهى تفاعلات عكسية بمعنى انه يمكن ان يحدث العكس فتبدأ العملية بالحمضين الاخيرين لينتج الحمضين الاولين لذلك نفضل ان تسمى هذه الرباعيات بنسق النقل الامينى شكل (٥٩)

$$\underset{\substack{\text{amino}\\\text{acid 1}}}{\underset{R_1}{\overset{COOH}{HC{-}NH_2}}} + \underset{\substack{\text{keto}\\\text{acid 2}}}{\underset{R_2}{\overset{COOH}{CO}}} \rightleftharpoons \underset{\substack{\text{keto}\\\text{acid 1}}}{\underset{R_1}{\overset{COOH}{CO}}} + \underset{\substack{\text{amino}\\\text{acid 2}}}{\underset{R_2}{\overset{COOH}{HC{-}NH_2}}}$$

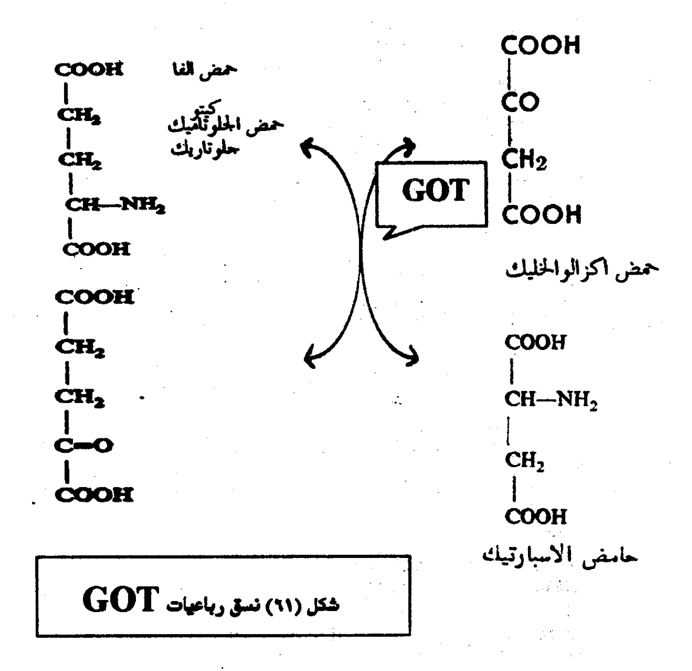
شكل (٥٩) رباعيات نسق النقل الامينى.

ومن امثلة ذلك حمض الجلوتاميك وحمض البيروفيك وحمض الالانين وحمض الفا-كيتو-جلوتاريك ويحفز هذا النظام الرباعى انزيم Glutamic-Pyruvic transaminase ويختصر اسمه عادة الى (GPT) وايضا نسق حمض الجلوتاميك وحمض اكزالو الخليك وحمض الاسبارتيك وحمض الفا-كيتو-جلوتاريك ويحفزه انزيم Glutamic-Oxaloacetic transaminase ويختصر اسمه عادة الى (GOT) شكل (٦٠ و ٦١) .

ولما كان هذان النسقان هما انشط انساق هذه العملية التى تعد اهم عمليات الايض البروتينى ، ولما كان متعلقين بحمضى الجلوتاميك والاسبارتيك وهما اكثر الاحماض الامينية تواجدا فى البروتينات اتخذ تركيز كل من انزيمى (GPT) ،(GOT) فى الدم او الكبد او الانسجة دليلا على كفاءة حدوث عمليات الايض الغذائى للبروتين .



شكل (٦٠) نسق رباعيات GPT



شكل (٦١) نسق رباعيات GOT

عملية إضافة مجموعة الامين Amination

يمكن للجسم تخليق بعض الاحماض الامينية من الاحماض العضوية عن طريق اضافة مجموعة الامين من مجموعة النشادر المتخلفة من عمليات التمثيل الغذائى المختلفة ، وذلك بتكوين حمض الجلوتاميك اولا بإضافة مجموعة النشادر الى حمض الالفا كيتوتاريك شكل(٦٢) ، ثم انتقالها الى الاحماض الاخرى بالطرق السابقة ، وتعد هذه العملية من العمليات الهامة لتخليق الاحماض الامينية غير الاساسية non-essential amino acids فى

جسم الحيوانات ويتم ايضا تخليق الالانين من البيروفيك على خطوتين شكل (٦٣) وبنفس النسق ايضا يتم تخليق الاسبارتيك من الاكزالو خليك، وتبدو هذه العملية كعملية عكسية تماما لعملية نزع مجموعة الامين.

ويكاد يقتصر تخليق الاحماض الامينية بإضافة مجموعة الامين على هذه الاحماض الثلاثة اما بقية الاحماض الامينية غير الاساسية فيتم تخليقها بنقل مجموعة الامين Transamination.

$$\underset{\text{L-glutamic acid}}{\underset{H_2N-CH-COOH}{\overset{DPN^+ \; + }{CH_2-CH_2-COOH}}} \rightleftharpoons \underset{\alpha\text{-iminoglutaric acid}}{\underset{HN=C-COOH}{\overset{DPNH + H^+ \; +}{CH_2-CH_2-COOH}}} + H_2O$$

$$\rightleftharpoons \underset{\alpha\text{-ketoglutaric acid}}{\underset{O=C-COOH}{CH_2CH_2-COOH}} + NH_3$$

شكل(٦٢) تحول حمض الجلوتاريك والنشادر الىحمض الجلووتاميك

ثانيا : تفاعلات مجموعة الكربوكسيل

نزع مجموعة الكربوكسيل Decarboxylation

تحدث عمليات نزع مجاميع الكربوكسيل من الاحماض الامينية بسهولة فى انسجة الحيوان ويتبع تفاعلها نظاما واحدا على النحو التالى :

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C{=}O + NH_3 \\ | \\ COOH \end{array} \rightleftarrows \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C{=}NH + H_2O \\ | \\ COOH \end{array}$$

حامض البيروفيك (α– كيتوبروبيونيك)   α – ايمينو حامض البروبيونيك

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C{=}NH + NAD.H_2 \\ | \\ COOH \end{array} \rightleftarrows \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CHNH_2 + NAD \\ | \\ COOH \end{array}$$

الالانين

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ C{=}O + NH_3 + NAD.H_2 \\ | \\ COOH \end{array} \underset{\text{ديهيدروجينيز}}{\overset{\text{الانين}}{\rightleftarrows}} \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CHNH_2 + NAD + H_2O \\ | \\ COOH \end{array}$$

شكل (٦٣)

تخليق الالانين من حمض البيروفيك والنشادر

$$R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH \xrightarrow{\text{الديكربوكسيليز}} R-CH_2-NH_2+CO_2$$

ويترتب على هذه النوعية من التفاعلات تحول الاحماض الامينية الى مركبات هامة فسيولوجية فى جسم الحيوان ومن امثلة ذلك :

١- يتحول الهيستدين (وهو حمض امينى) الى الهستامين شكل (٦٤) وهو احد اشباه الهرمونات الهامة التى تنبه الجسم لتكوين الاجسام المضادة عند الخطر ودخول اجسام او مركبات كيميائية غريبة الى الجسم .

الهستدين ← (الهستدين دبكربوكسيليز (ا - هستدين كربوكسيليز)) ← CO_2 + الهستامين

$$\text{N-CH=C(-N(H)-CH=N)}-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH \longrightarrow CO_2 + \text{N-CH=C(-N(H)-CH=N)}-CH_2-CH_2NH_2$$

شكل (٦٤)

تحول الهستيدين الى الهستامين

٢- ويتحول التربتوفان (وهو حمض امينى) الى التربتامين شكل (٦٥) الذى يتحول بسهولة الى السيروتنين وهو هرمون ذو تأثير فسيولوجى متعدد الجوانب ويرتبط على وجه الخصوص بنشوء الاحساس بالالم اثناء حدوث الالتهابات .

$$\text{Tryptophan (indole-3-}CH_2-CH(NH_2)-COOH) \longrightarrow \text{Tryptamine (indole-3-}CH_2-CH_2-NH_2)$$

التربتوفان

التربتامين

شكل (٦٥) تحول التربتوفان الى التربتامين

٣- و يتحول حمض الاسبارتيك الى بيتا الانين شكل (٦٦) الذى يدخل فى تخليق حمض البانتوثنيك و هو من الفيتامينات.

$$HOOC-CH(NH_2)-CH_2-COOH \xrightarrow{\text{اسبارتات ديكربوكسيليز}} H_2N-CH_2-CH_2-COOH + CO_2$$

حامض الاسبارتيك

β ـ الانين

شكل (٦٦) تحول حمض الأسبارتيك الى بيتا الانين

٤- و يتحول السستئين الى التورين شكل (٦٧) ، و الذى يتحد مع حمض الكوليك فى الكبد لتكوين احد الاحماض الصفراوية فى مكونات الصفراء.

$$HS-CH_2-CH(NH_2)-COOH \xrightarrow{\text{أكسدة}} HO-SO_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH \xrightarrow[-CO_2]{\text{نزع مجموعة الكربوكسيل}} HO-SO_2-CH_2-CH_2-NH_2$$

السيستئين — حامض السيستييك — التورين

شكل (٦٧) تحول السستئين الى التورين

ثالثا : تفاعلات مجموعة الميثيل

نزع مجموعة الميثيل Demethlation

يتم نزع مجموعة الميثيل من الميثايونين الذى يتحول الى السيستئين وتنتقل مجموعة الميثيل الى ثنائى ميثيل امينو ايثانول لتخليق الكولين وهو احد الفيتامينات واحد مكونات الفوسفوليبيدات شكل (٦٨).

اضافة مجموعة الميثيل Methylation

قد تحدث ميثله الحمض الامينى بإضافة مجموعة ميثيل اليه كما يحدث عند تخليق الادرينالين من التيروزين بعد اكسدته ونزع مجموعة الكربوكسيل منه شكل(٦٩)، والادرينالين هو الهرمون الذى يفرز من الغدة الكظرية الذى ينبه ويحفز نشاط الجسم عند الخطر ويوسع حدقة العين ويرفع ضغط الدم ويزيد ضربات القلب ويسرع من التنفس.

$HO-CH_2-CH_2-N(CH_3)_2$

ثانى ميثيل امينو ايثانول

$CH_3-S-(CH_2)_2-CH(NH_2)-COOH$

الميثيونين

$HO-CH_2-CH_2-\overset{+}{N}(CH_3)_3$

كولين

$SH-CH_2-CH(NH_2)-COOH$

السيستيين

شكل (٦٨) نزع مجموعة الميثيل من الميثايونين

$HO-C_6H_4-CH_2-CH(NH_2)-COOH \rightarrow (HO)_2C_6H_3-CH(OH)-CH_2-NH-CH_3$

Epinephrine

شكل (٦٩) ميثلة التيروزين الى الأدرينالين

رابعاً: تفاعلات هيكل الاحماض الامينية

تحدث تغيرات فى هيكـل بعـض الاحمـاض الامينيـة فتتحـول الى احمـاض امينيـة اخرى او الى مركبات فسيولوجية هامة فى الجسم .

(١)–التحول الى احماض امينية اخرى

يتحول الفينايل الانين فى الجسم الى التيروزين لاكسدته شكل (٧٠) .

$$H_2N{-}CH(CH_2C_6H_5){-}COOH + O_2 + \text{tetrahydropteridine} \xrightarrow{\text{enzymes}} H_2N{-}CH(CH_2C_6H_4OH){-}COOH + H_2O + \text{oxidized pteridine}$$

فينيل الانين

التيروزين

شكل (٧٠) تحول الفينيل الانين الى التيروزين

يتحول حمض الاسبارتيك بعد نزع مجموعة الكربوكسـيل الهيكليـة الى الفـا–الانـين شكل(٧١).

يتحول الارجنين الى الاورانسين ثم يتحول الاخير الى البرولين او حمض الجلوتـاميك شكل(٧٢).

$$HOOC-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH \xrightarrow[\text{ديكربوكسيليز}]{\text{اسبارتات - }\beta} H_3C-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}-COOH+CO_2$$

حامض الاسبارتيك → α ـ الانين

شكل (٧١) تحول حمض الاسبارتيك الى الفا-الانين

$$\underset{\text{arginine}}{NH_2-C(=NH)-NH-(CH_2)_3-HC(NH_2)-COOH} \xrightarrow{+HOH} \underset{\text{ornithine}}{NH_2-(CH_2)_3-HC(NH_2)-COOH} + \underset{\text{urea}}{NH_2-CO-NH_2}$$

$$\underset{\text{الاورنيثين}}{NH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH} \xrightarrow[\text{المصاحب للاكسدة}\ (-NH_3)]{(+\frac{1}{2}O_2)\ \text{نزع مجموعة الامينو}} \underset{\text{نصف الدهيد حامض الجلوتاميك}}{O=C(H)-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH}$$

$$\xrightarrow{\text{اكسدة}} \underset{\text{حامض الجلوتاميك}}{COOH-CH_2-CH_2-CH(NH_2)-COOH}$$

$$\xrightarrow{\text{تكوين الحلقة والاختزال}} \underset{\text{البرولين}}{H_2C-CH_2-CH(COOH)-NH-CH_2\ (\text{ring})}$$

شكل (٧٢) تحول الارجنين الى كل من الاورانسين و البرولين وحمض الجلوتاميك

تحول الاحماض الامينية الى مركبات فسيولوجية اخرى

يتحول التيروزين الى هرمون الثيروكسين واشباهه كما فى شكل (٧٣).

L - Tyrosine

3-Monoiodotyrosine (ITyr)

3,5-Diiodotyrosine (I_2Tyr)

Thyroxine (T_4).

شكل (٧٣)
تحول التيروزين الى
الثيروكسين و اشباهه

و نلخص اتصال الاحماض الأمينية بايض الكربوهيدرات و الدهون فى نقاط الألتقاء التالية :

(أ) ينتهى تحول كل من : الميثايونين ، السيرين ، السستيئين . التربتوفان ، الثريونين ،الجلايسين ، الالانين ، الهيدروكسى برولين ، برولين الى **حمض البيروفيك** .

(ب) ينتهى تحول كل من : الثيريونين ، الايزوليوسين الى **الاسيتيل مرافق الانزيم (أ)**

(ج) ينتهى تحول كل من : الفينيل الانين ، التيروزين ، الليوسين الى حمض **الفويوماريك** فى دورة حمض الستريك

(هـ) ينتهى تحول كل من : الايزوليسين ، الميثايونين ، الثريونين الى حمض البروبايل النشط ثم الى **الصكسونيل النشط** فى دورة حمض الستريك .

(و) ينتهى تحول الفالين الى **الصكسونيل النشط**.

(ز) ينتهى كل من : الهستدين ، البرولين ، الهيدروكسيل برولين ، الارجنين .

الى حمض الجلوتاميك ومنه الى حمض الفا **كيتوجلوتاريك** .

(ح) ينتهى حمض الاسبارتيك الى الاكزالوخليك فى دورة حمض الستريك

الفصل الرابع

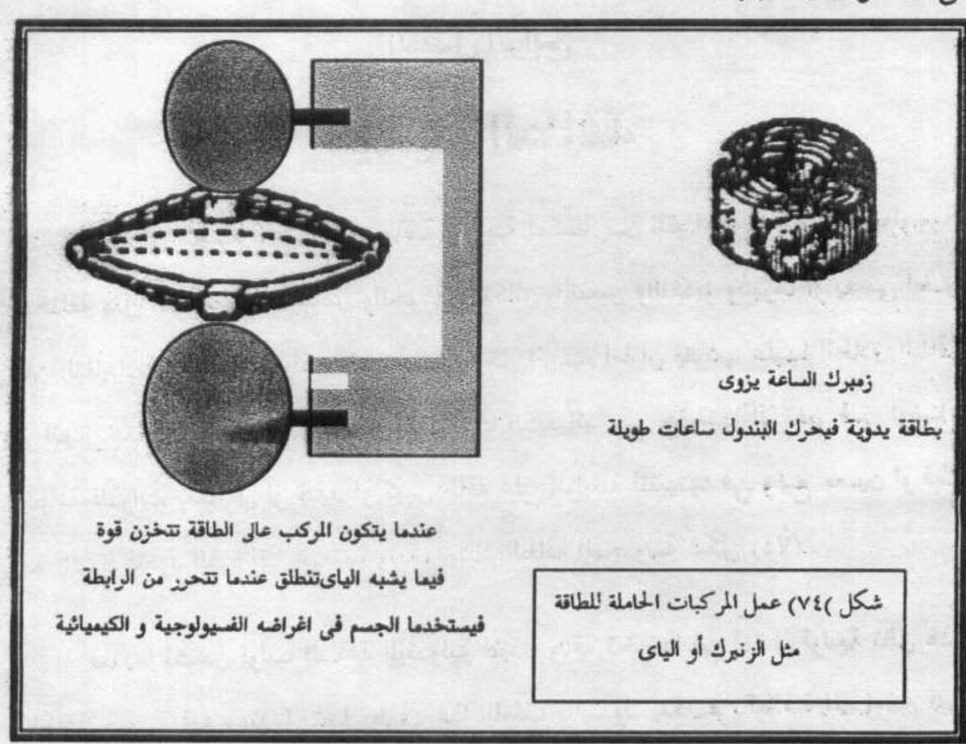
كيمياء الطاقة

لاشك ان الجسم يحتـاج الى طاقـة حيويـة تمكنـه مـن القيـام بوظائفه الفسـيولوجية المختلفة مثل الهضم و الامتصاص والحركة والتكاثر والتنفس والتفكير وغيرها او بمعنى اخـر فإن التفاعلات الكيميائية العديدة التى تتم داخل الجسم اما ان يترتب عليها انطلاق الطاقة او انها تحتاج الى طاقة لاتمامها فما التفاعلات الكيميائية فى حقيقتها الا تغير فـى اوضـاع الطاقة للذرات بعمل لى او جهد او كبس طاقة على الرابطة لتثبيتها فى وضع معـين او فـك هذا الربط فتعود الذرة الى طبيعتها وتدفع بتلك الطاقة المحبوسة شكل (٧٤) .

فعندما نشحن لولب الساعة البندولية فنبذل طاقة نخزنها فى قوة لى لولبية تظل هذه الطاقة حبيسة فيه وعندما يتصل طرف هذا اللولب بالبندول يدفعـه بالطاقـة المخزونـة فيـه ويعود اللولب الى وضعه الطبيعى وتنتقل طاقة الدفع الى البندول فتتحرك برتم زمنـى ثـابت وتدور عقارب الساعة وعندما يعود اللولب الى وضعه الطبيعى يكون قد استنفذ كل ما خـزن فيه من طاقة فيتوقف البندول وتتوقف عقارب الساعة مالم نسارع بشحن اللولب بطاقة زوى جديدة.

و يوجد بالجسم مركبات كثيرة حاملة للطاقة تختلف مقادير الطاقة المحملـة عليـها وطبيعة دخولها فى التفاعلات الحيوية المختلفة مثلها مثل الياى الذى يخزن طاقـة الدفـع

تحت قوة ربط معينة و عندما يتحرر بفك الذرات الرابطة تنطلق الطاقـة المخزنـة لتستخدم في اى غرض يحتاجها.



شكل)٧٤) عمل المركبات الحاملة للطاقة مثل الزنبرك أو الياى

١-الادينوزين ثلاثى الفوسفات ATP

ومن اهم المركبات الحاملة للطاقة مركب الادينوزين ثلاثـى الفوسـفات Adenosine triphosphate ويرمز له بالرمز **ATP** شكل (٧٥)

وهو مركب توجد به رابطتين غنين بالطاقة اعلاهما رابطة الفوسفور الاخيرة ويتحـول الجزئ الى الادينوزين ثنائى الفوسفات Adenosine diphosphate ويرمز له بـالرمز ADP

وتنطلق طاقة مقدارها ٧٣٠٠ سعر حرارى من كل مول وزن جزيئى جرامى من ATP لتتحول الى ADP .

مجموعة نيوكلوسيد (ريبوز – ادنين)
مجموعة ادينوزين

ارتباط الفوسفات او اى مجموعة اخرى يكون على ذرة الكربون رقم ٥ فى الريبوز

ادينوزين احادى الفوسفات(AMP) اوحمض الدينايك

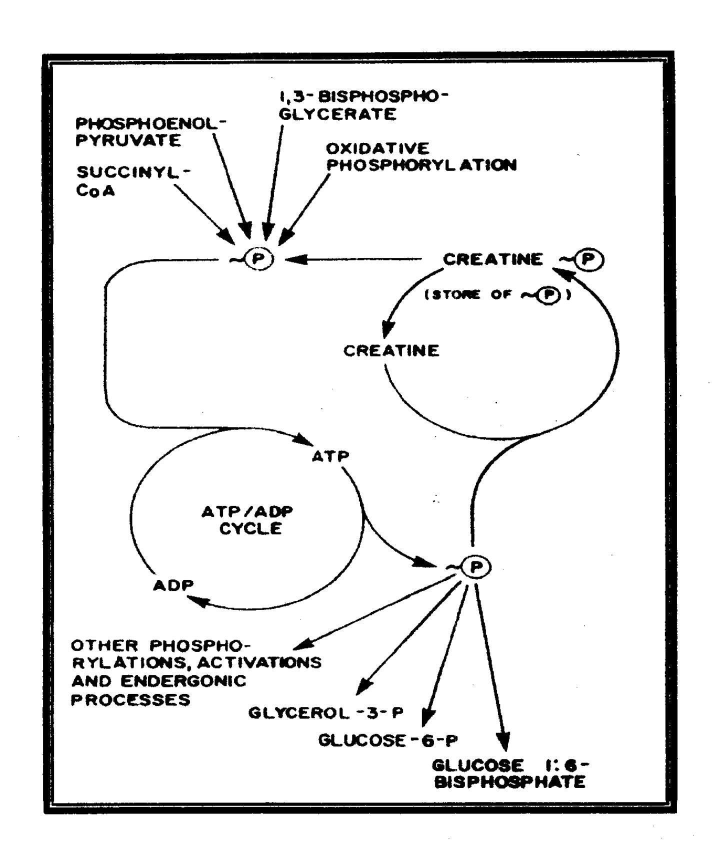
الدينوزين ثنائ الفوسفات (ADP)

ادينوزين ثلاثى الفوسفات (ATP)

شكل (٧٥) صور ال ATP

ويتم تخليق ATP 'ADP من حمض الادينايك Adenylic acid ثم يدخل ADP'ATP فى دورة بسيطة شكل (٧٦) يتبادل الفوسفور غير العضوى والطاقة تخزينها وانطلاقها.

ومعظم الفوسفور غير العضوى والطاقة التى يتم بها اعادة شحن وتخليق ATP من ADP تتم بواسطة تحول الكرياتين فوسفات الى الكرياتين والعكس ومن هنا كانت اهمية تواجد الكرياتين فى العضلات .

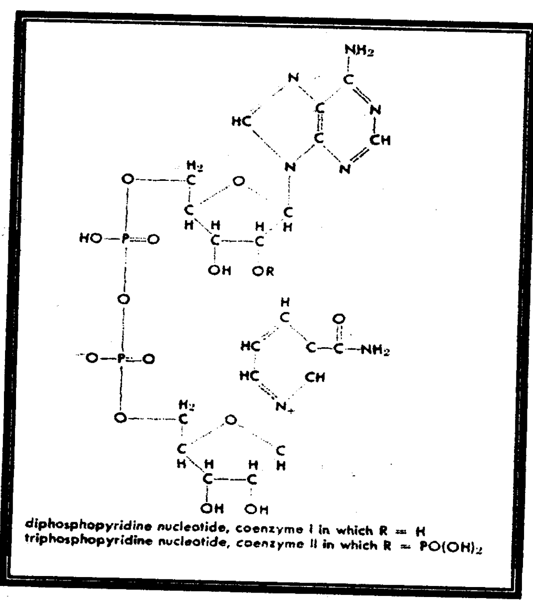


شكل (٧٦) دورة ال ATP

٢- النيوكليتد ثنائى الفوسفات NAD

ويسمى هذا المركب عدة اسماء فيطلق عليه اسم النيوكليتيد ثنائى وثلاثى افوسفات بيريدين diphosphopy ridine nucleatide ويرمز له بالرمز (DPN)او TPN او يسمى نيوكوتياميد ادنين ثنائى وثلاثى النيكوليتيد Nicotinomicel adenin dinucleatiele

ويرمز له بالرمز (NAD) او NADP كما في الشكل ٧٧ وقد يسمى المركبان ايضا مرافق انزيم I ، II على الترتيب Coenzyme I ، Coenzyme II ويرمز له بالرمز Co.I ، Co.II



شكل (٧٧) NAD

ويدخل فى تكوين هذا المركب الهام احد فيتامينات B المسمى بالنياسين او حمض النيكوتيك ويعمل كمرافق انزيمى للعديد من النظم الانزيمية التى تنتشر فى جميع انسجة وخلايا الحيوانات ويقوم هذا المركب بالتقاط ذرتى الهيدروجين وهدم المركبات وتكسيرها ثم يدخل هذا المركب فى سلسلة انزيمات التنفس حيث يوصل ذرة الهيدروجين الى الاكسجين او يوصل الاكسجين اليها ويترتب على ذلك انطلاق طاقة تخزين فى جزيئات ATP وعند اكسدة ذرة الهيدروجين المحملة على $NAD\ H_2$ تنطلق طاقة تكفى لشحن ثلاثة جزيئات

من ADP الى ATP و تستهلك نصف جزئ من الاكسجين اى عند اكسدة مول هيدروجين محمل على NAD ينطلق ثلاثة مول ATP وتستهلك نصف مول اكسجين وتستخدم ٣ مول فوسفورى وذلك من خلال سلسلة التفاعلات فى سلسلة التنفس الموضحة فى شكل (٧٨) .

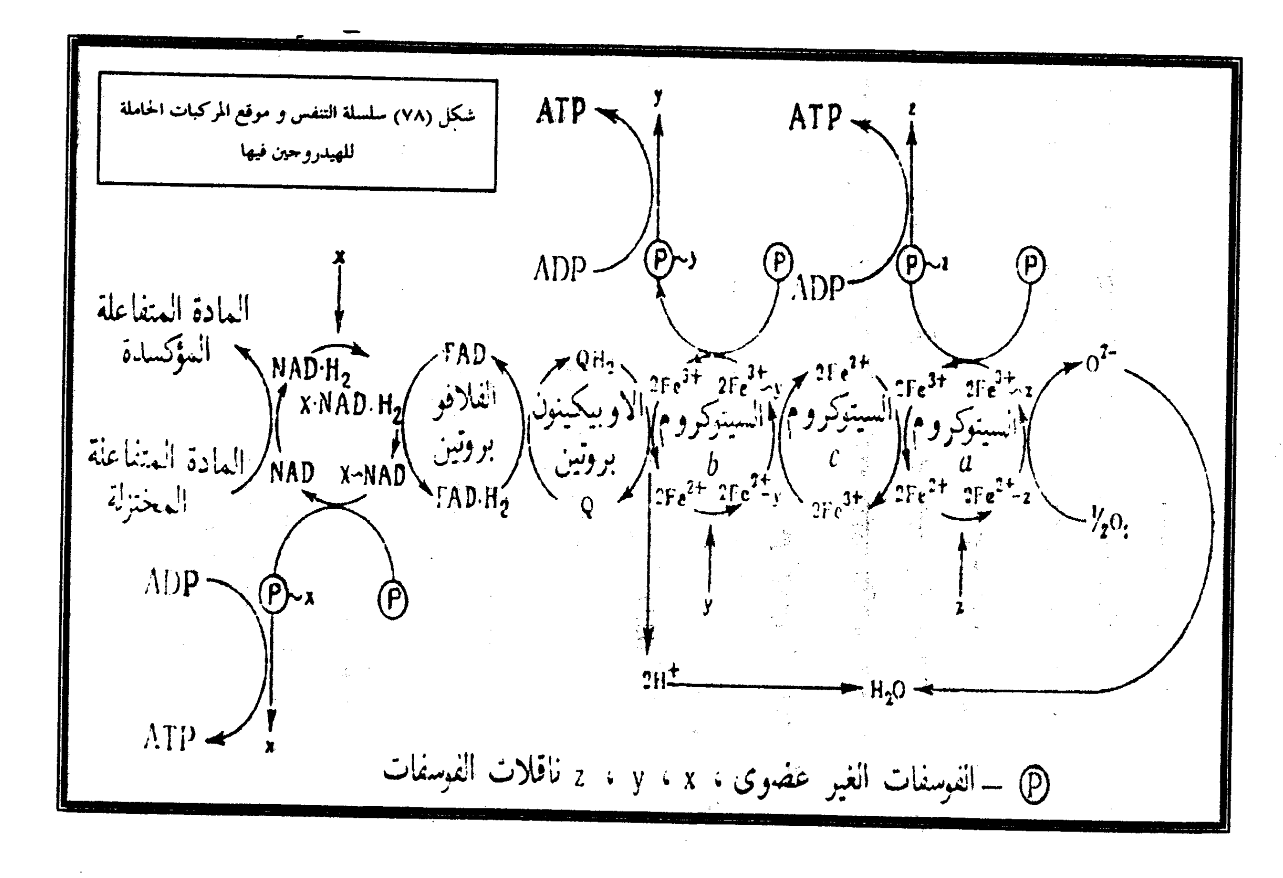
٣- الفلافين ادينين ثنائى النيوكليتيد FAD

وهو كما فى الشكل (٧٩) يحتوى على ريبوفلافين احد فيتامينات مجموعة B (Vit1B2) والفوسفور والادنين ويعتبر مثله NAD leg مركب حامل للهيدروجين ينقله من مكان التفاعل كمرافق انزيمى للنظام الانزيمى الحافز لهذا التفاعل ويوصله او يوصل الاكسجين اليه فى سلسلة التنفس وتنطلق طاقة تحمل على جزيئات ATP عند الاكسدة .

ويكون الفلافوبروتين المختزل ($FAD\text{-}H_2$) بمثابة المصدر الابتداء الاخر لذرات الهيدروجين والالكترونات فى السلسلة التنفسية وتنتج من بعدها فى سلسلة التنفس طاقة تشحن فى جزئين فقط من الATP شكل (٧٨) ونلاحظ ان الفلافوبروتين هو المركب الثانى بعد اكسدة NAD-H2 فى السلسلة.

٤- الجوانوزين ثلاثى الفوسفات (GTP)

وتعمل الجوانوزين ثنائى وثلاثى الفوسفات Guanosine Di-and Triphosphate (GTP'GDP) كمرافق انزيمى وله القدرة على اختزان الطاقة وهى تشبه فى تركيبها الكيماوى الادينوزين ثنائى وثلاثى الفوسفات المعروفة برمز ATP الا ان قاعدة الجوانوزين فى الاولى تحل محل قاعدة الادينوزين فى الاخيرة ، ويقوم انزيم كينيز ثنائى فوسفات



شكل (٧٨) سلسلة التنفس و موقع المركبات الحاملة للهيدروجين فيها

Ⓟ ـ الفوسفات الغير عضوى ، x ، y ، z ناقلات الفوسفات

flavin adenine dinucleotide, FAD

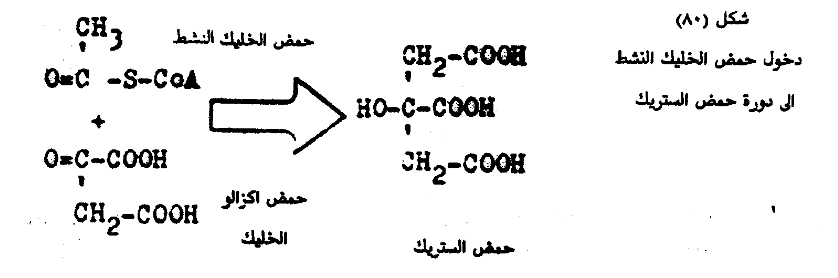
شكل (٧٩) الفلافوبروتين FAD

لنيوكلوسيد بتحويل GTP الى GDP وتحويل طاقتها الى جزئ واحد من ADP وتحويله الى ATP

دورة حمض الستريك

تبدا دورة حمض الستريك بتكثيف حمض الخليك النشط acely- CoA مع حمض اكزالو الخليك الذى يوجد بصفة مستديمة فى الخلية وينتج عن ذلك تكوين حمض الستريك وانطلاق مرافق الانزيم (أ) حرا شكل (٨٠).

وتبدا بمجرد تكون حمض الستريك دورة خاصة من التفاعلات الكيميائية تؤدى الى اكسدة هذا الحمض تدريجيا الى حمض اكزالو الخليك الذى يتكثف من جديد مع حمض خليك نشط اخر مرة اخرى وينتج حمض الستريك وهكذا .



شكل (٨٠)
دخول حمض الخليك النشط
الى دورة حمض الستريك

وتنتج عن تكسر حمض الستريك الى الاكزالوخليك خروج ثانى اكسيد الكربـون والمـاء وقد تسمى هذه الدورة بدورة الاحماض الثلاثية والثنائية الكربوكسيل وعلى ذلك تتم اكسـدة حمض البيروتيك او الخليك النشط الى ثانى اكسيد الكربون والماء .

ودورة حمض الستريك هى سلسلة من التفاعلات الانزيمية بين عشرة احماض عضوية يكون الاربعة الاولى منها ثلاثية الكربوكسيل هى بالترتيب :

حمض الستريك : حمض الساكونيك ، شـبيه السـتريك ، الاكزالوصكسـونيك شـكل (٨١) والستة التالية ثنائية الكربوكسيل وهى :

الفا كيتوجلوتـاريك، الصكسـونيك النشـط ، الصكسـونيك ، الفيومـاريك ، المـاليك، الاكزالوخليك شكل (٨١).

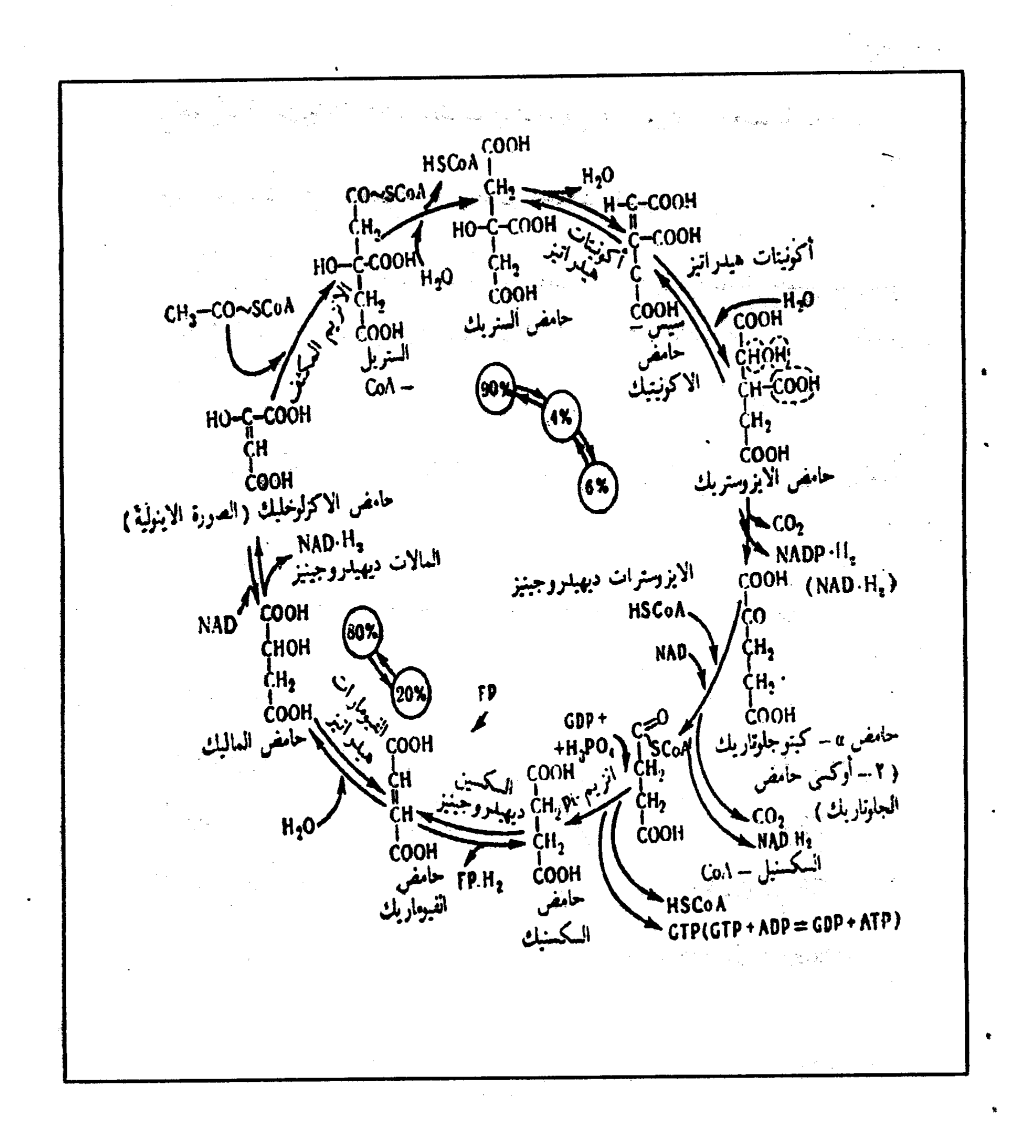
وتتعرض المركبات التى تدخل فى دورة الاحماض الثلاثية والثنائيـة الكربوكسـيل الى اربعة تفاعلات لنزع الهيدروجين وتفاعلان لنزع مجموعة الكربوكسيل كما تنتشـر فـى هـذه الدورة ايضا تفاعلات نزع واضافة الماء شكل (٨٢).

CH_2-COOH $HO-C-COOH$ CH_2-COOH	CH_2-COOH $C-COOH$ $CH-COOH$	CH_2-COOH $CH-COOH$ $HO-CH-COOH$	CH_2-COOH $CH-COOH$ $O=C-COOH$
Citric acid الستريك	cis-aconitic acid سس اكيونيك	iso-citric acid شبيه الستريك	oxalosuccinic acid اكزالو صكسونيك

احماض دورة حمض الستريك ثلاثية الهيدروكسيل

CH_2-COOH CH_2 $O=C-COOH$	CH_2-COOH CH_2 $O=C - S-CoA$	CH_2-COOH CH_2-COOH
α-keto glutaric acid الفا-كيتوجلوتاريك	succinic-Co-A الصكسونيك النشط	succinic acid الصكسونيك
$H-C-COOH$ $HOOC-C-H$	$HO-CH-COOH$ CH_2-COOH	$O=C-COOH$ CH_2-COOH
Fumaric acid حمض الفيوماريك	Malic acid حمض الماليك	Oxaloacetic acid حمض اكزالوالخليك

شكل (٨١) احماض دورة حمض الستريك العشرة



شكل (٨٢) دورة حمض الستريك

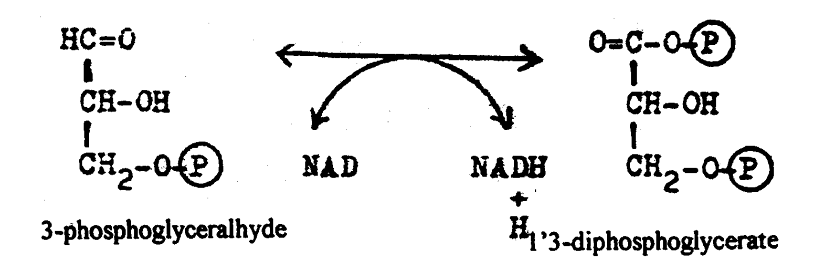
وتنتج الطاقة من خلال ثلاثة عمليات اساسية فى هدم المركبات العضوية بالجسم .

اولا : من خلال هدم الجلوكوز الى حمض الخليك النشط

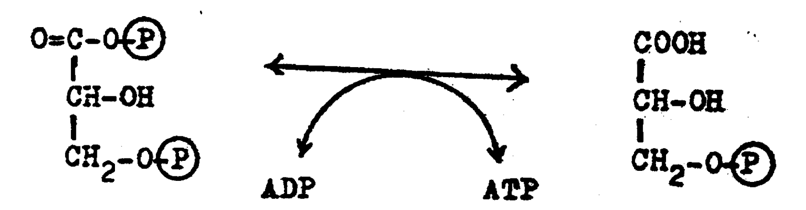
(١) اثناء التحول من ٣- فوسفات جلسرالدهيد الى ١،٣ ثنائى فوسفو جلسرات ينتج مركب NADH محمل بالهيدروجين يعطى طاقة عند اكسدته لتخليق ٣ جزيئات ATP شكل (٨٣)

(٢) اثنـاء التحـول الى ١،٣ ثنـائى فوسفوجلسـرات الى ٣- فوسفوجلسـرات وينتـج جزئ ATP شكل (٨٤).

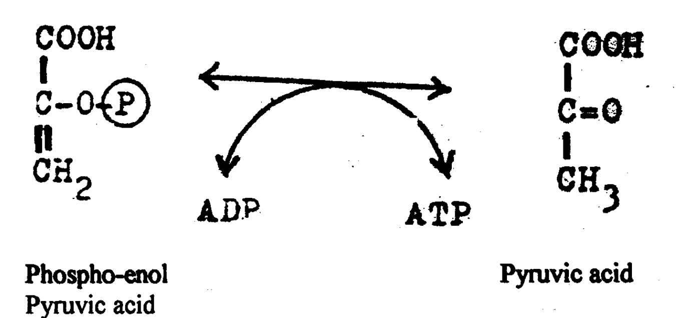
(٣) اثناء التحول من فوسفواينول بيروفيك الى حمض البيروفيك ينتج جزئ ATP شكل (٨٥) .



شكل (٨٣) تحول ٣- فوسفوفات جلسرالدهيد الى ١،٣ ثنائى فوسفوجلسرات وخروج ذرتى هيدروجين تحمل على NAD



شكل (٨٤) تحول ١،٣- ثنائى فوسفات الجلسرات الى ٣- فوسفوجلسرات و انطلاق طاقة فى جزئ ATP



شكل (٨٥) تحول فوسفو اينول حمض البيروفيك الى حمض البيروفيك وخروج طاقةفى جزئ ATP

٤ - عند تحول حمض البيروفيك الى الخليك النشط شكل (٨٦) ينطلق ثانى اكسيد الكربون وذرتين هيدروجين تحملان على جزئ AND.

ثانيا: من خلال هدم الحمض الدهنى الى الخليك النشط

١- عند اكسدة الاكيل النشط عند ذرة الكربون بيتا بعمل رابطة زوجية وخروج ذرتى هيدروجين تحمل على جزئ FAD الذى يعطى عند اكسدته ٢ ATP شكل (٨٧).

$$CH_3-CO-COOH + NAD + HSCoA \xrightarrow[\text{حامض البيروفيك}]{\text{ديهيدروجينيز}}$$

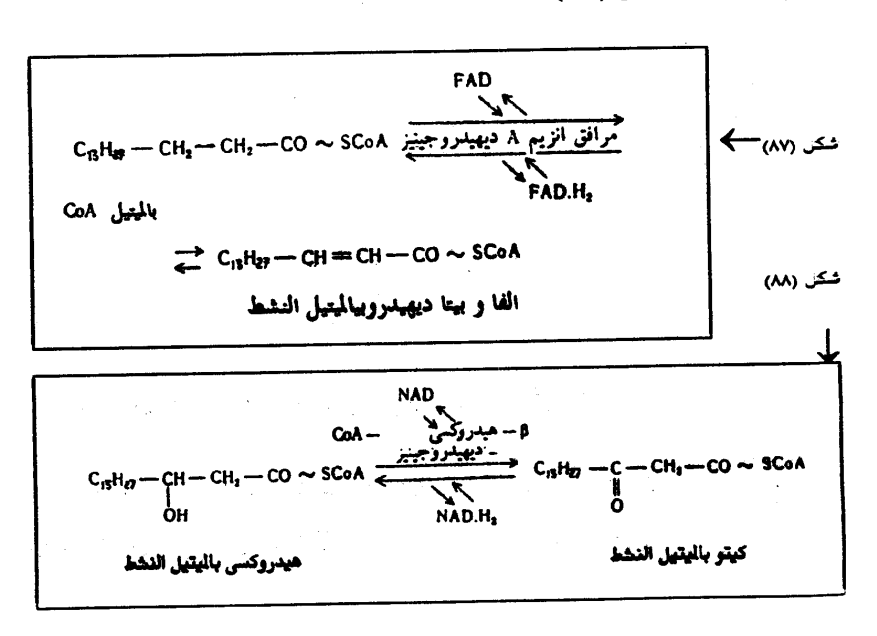
حامض البيروفيك   مرافق
                        انزيم A

$$\longrightarrow CO_2 + CH_3-CO \sim SCoA + NAD\cdot H_2$$

حمض الخليك النشط

شكل (٨٦) تحول حمض البيروفيك الى الخليك النشط

٢- عند اكسدة مجموعة الهيدروكسيل فـي الوضـع بيتـا الى مجموعـة كيتـون ينطلـق ذرتين هيدروجين يحملان على جزئ NAD لاذى يعطى عند اكسدته بالاكسجين التنفـس ٣ جزيئات ATP شكل (٨٨).



ثالثا : من خلال دورة حمض الستريك

١-عند تحول كل من حمض شبيه الستريك الى اكزالوصكسونيك شكل (٨٩)

وحمض الفا كيتو جلوتاريك الى حمض الصكسونيك النشط شكل (٩٠)

وحمض الماليك الى حمض الاكزالواخليك شكل (٩١)

تنطلق ذرتين هيدروجين من كل تفاعل تحمل علـى جـزئ NAD الـذى يعطـى عنـد اكسدته فى سلسلة التنفس ثلاثة جزيئات من ATP فى كل مرة

HO—CH—COOH | HC—COOH | CH_2—COOH

−2H / +2H

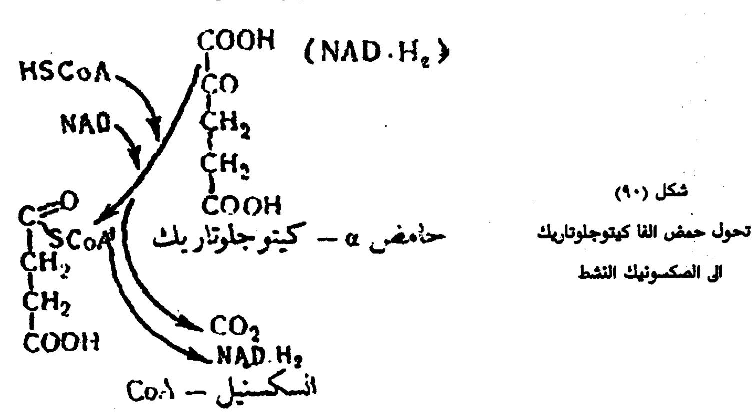
Isocitric dehydrogenase

CO—COOH | HC—COOH | CH_2—COOH

D – Isocitric

Oxalosuccinic

شكل (٨٩) تحول شبيه الستريك الى اكزالو الصكسونيك



شكل (٩٠)

تحول حمض الفا كيتوجلوتاريك الى الصكسونيك النشط

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ HO-C-H \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + DPN^+ \rightleftharpoons \begin{array}{c} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CO \\ | \\ COOH \end{array} + DPNH + H^+$$

L-malic acid — oxaloacetic acid

شكل (٩١)
تحول حمض الماليك
الى اكزالو الخليك

٢- عند تحول حمض الصكسونيك الى الفيوماريك تنتج ذرتى الهيدروجين تحمل على جزئ FAD الذى يعطى عند اكسدته فى سلسلة التنفس جزئين ATP شكل (٩٢) .

٢-تحول حمض الصكسونيك النشط الى الصكسونيك ويتكون نتيجة التفاعل جزئ GTP الذى يعطى طاقة لتخليق جزئ ATP شكل ٩٣.

$$\begin{array}{l} CH_2-COOH \\ | \\ CH_2-COOH \end{array} + FP \rightleftharpoons \begin{array}{c} H-C-COOH \\ \| \\ HOOC-C-H \end{array} + FPH_2$$

succinic acid — FP: succinic dehydrogenase — fumaric acid

شكل (٩٢) تحول حمض الصكسونيك الى الفيوماريك

$$\begin{array}{l} CO-S-CoA \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + GDP + Pi \xrightarrow[\text{thiokinase}]{\text{succinic}} \begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + GTP + HS-CoA$$

succinyl CoA — GDP: guanosine-diphosphate — succinic acid — GTP: guanosine triphosphate — HS-CoA: CoA

شكل (٩٣) تحول حمض الصكسونيك النشط الى الصكسونيك

مآل هدم الجلوكوز

يحتوى الجلوكوز على ٦ ذرات كربون و٦ ذرات اكسجين و١٢ ذرة هيدروجين ويحتوى على طاقة كلية عند حرقه فى الاكسجين فى جو الغرفة مقدارها ٦٨٦,٥ سعر حرارى كبير.

$$C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 \Rightarrow 6 CO_2 + 6 OH_2 + 686.5 \text{ cal.}$$

هذا عندما يتم حرق الجلوكوز فى جو الحجرة لكن اين وكيف يتم ذلك فى الجسم الحى !؟

نلخص ماسبق ان شرحناه من المعلومات حول انتاج الطاقة وهدم الجلوكوز شكل (٩٤) على النحو التالى :

عندما انقسم الجلوكوز الى نصفين كل نصف منه انتهى الى جزئ من (٣- فوسفوجليسرالدهيد) ثم هدم كلا منهما الى ثانى اكسيد الكربون والماء والطاقة .

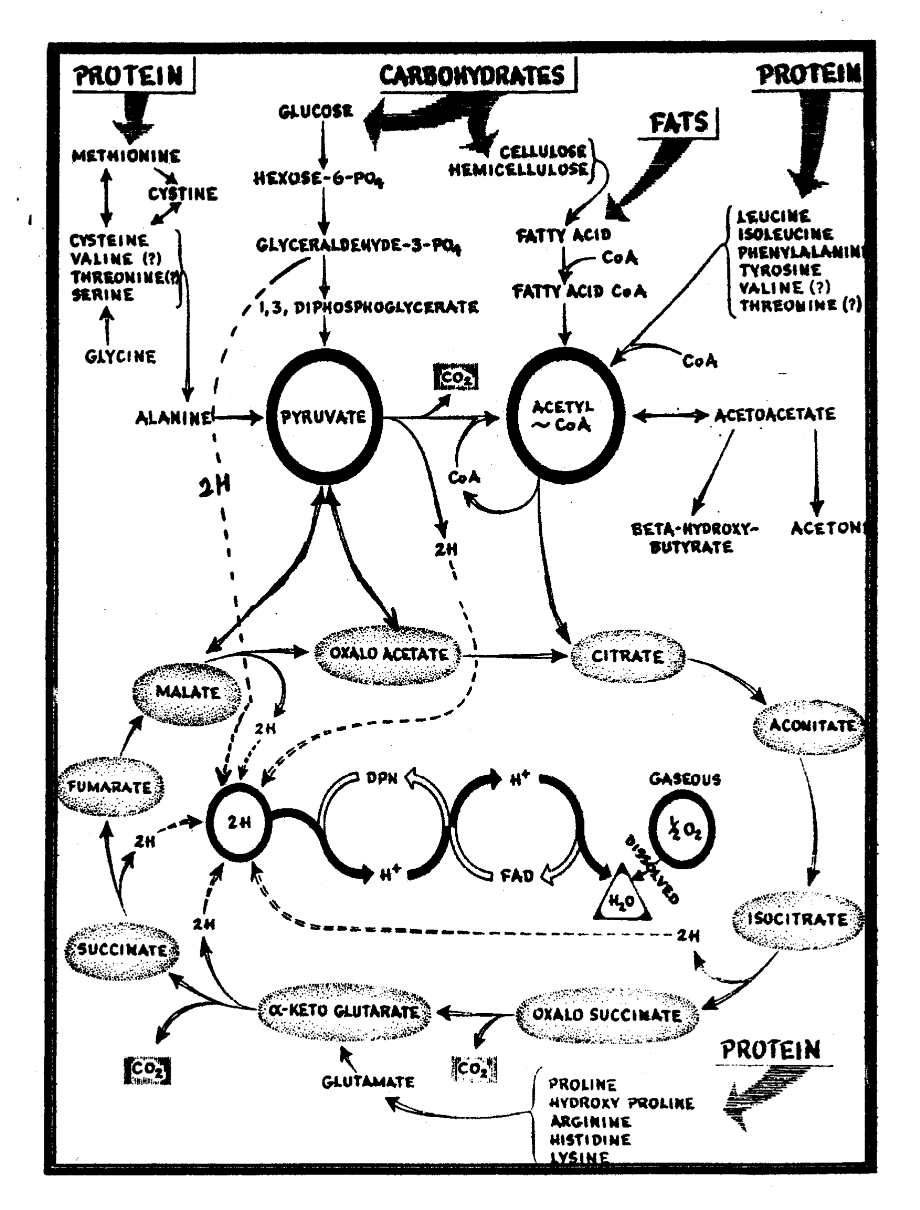
اولاً: انطلاق ثانى اكسيد الكربون

٢ × ١ جزئ عند نزع مجموعة الكربوكسيل من البيروفيك وتحويله الى الخليك النشط شكل (٨٩)

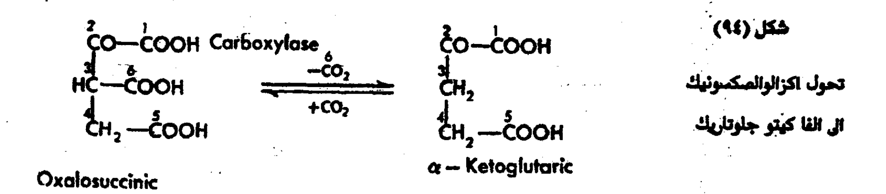
٢ × ١ جزئ عند تحويل شبيه الصكسونيك الى الفا كيتوجلوتاريك شكل (٩٥)

٢ × ١ جزئ عند نزع مجموعة الكربوكسيل من الفا كيتوجلوتاريك شكل (٩٠)

المجموع ٢ × ٣ = ٦ جزيئات .



شكل (٩٤) رسم تخطيطى لأيض العناصر الغذائية



شكل (٩٤)

تحول اكزالوالصكسونيك الى الفا كيتو جلوتاريك

ثانيا : انطلاق الماء

تتكون جزيئات الماء نتيجة اكسدة ذرات الهيدروجين المنزوعة من مركبات الهدم الديختومى ودورة حمض الستريك الاثنى عشر على النحو التالى :

٢ × ٢ ذرة عند تحول ٣-فوسفوجلسرالدهيد الى ١،٣ جليسرات ثنائى الفوسفات

٢ × ٢ ذرة عند تحول البيروفيك الى الخليك النشط

٢ × ٢ ذرة عند تحول شبيه الستريك الى اكزالوصكسونيك

٢ × ٢ ذرة عند تحول الفا كيتوجلوتاريك الى الصكسونيك

٢ × ٢ ذرة عند تحول الصكسونيك الى الفيوماريك

٢ × ٢ ذرة عند تحول الماليك الى اكزالوالخليك

المجموع = ٢ × ١٢ = ٢٤ ذرة هيدروجين

$$C_6 H_{12} O_6 + 6OH_2 \rightarrow 6 CO_2 + 12 H_2$$

وعند اكسدة الـ(٢٤) ذرة هيدروجين الناتجة من الهدم بواسطة الاكسجين فى سلسلة التنفس ينتج ١٢ جزئ ماء

$$12H_2 + 6\ O_2 \rightarrow 12\ OH_2$$

وبالتالى تكون محصلة المعادلتين

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6\ CO_2 + 6\ OH_2$$

ثالثا : انطلاق الطاقة

٢ جزئ ٣-فوسفوجلسرالدهيد من كل جزئ جلوكوز يعطى

٢(٥ جزئ NAD × ٣ جزئ ATP) = ٢ × ١٥ = ٣٠

٢(١ جزئ FAD × ٢ جزئ ATP) = ٢ × ٢ = ٤

٢ (٣ جزئ ATP) = ٢ × ٣ = ٦

يستهلك ٢جزئ ATP عند تكوين جلوكوز-٦-فوسفات

وعند تكوين فركتوز ١، ٦ ثنائى الفوسفات = -٢

جملة صافى الطاقة الناتجة عن الجلوكوز = ٣٨ جزئ ATP

كفاءة الاستفادة من الطاقة بالجسم

عند حساب المركبات السابق ذكرها على اساس الاوزان الجزيئية (المول) اذن ينتج ١ مول من الجلوكوز ٣٨ مول من ATP

وحيث ان المول من ATP يعطى ٧,٣ سعر حرارى كبير

اذن ١ مول من الجلوكوز يعطى ٣٨ × ٧,٣= ٢٧٧,٤ سعر حرارى كبير عند حرقه داخل الجسم وقد سبق ان علمنا ان المول من الجلوكوز يعطى ٦٨٦,٥ سعر حرارى

كبير عند حرقه فى الجو العادى خارج الجسم اذن تتسرب كمية من الحـرارة قدرها ٤٠٩,١ سعر حرارى كبير ولا تشحن فى جزيئات ATP وبذلك تكون كفاءة الاستفادة من الطاقة فى الجسم (٢٧٧,٤ ÷ ٦٨٦,٥) × ١٠٠ = ٤٠,٤ ٪

وهذه اعلى كفاءة لاستخدام الطاقة اذا علمنا ان كفاءة استخدام الطاقة من البنزين فى السيارة مثلا لايزيد عن ١٠٪ .

مآل هدم الاحماض الدهنية

يحتوى جـزئ حمـض البـالتيك على ١٦ ذرة كربـون ٣٢ ذرة هيدروجـين وذرتـى اكسجين وعند اكسدته اكسدة تامة فى الهواء يعطى ١٦ جـزئ ثـانى اكسـيد الكربـون و١٦ جزئ ماء مستهلكا ٤٦ ذرة اكسجين وعند اكسـدته فـى الجسـم فـى الوضـع بيتـا ينتـج ٨ جزيئات من حمض الخليك النشـط مـن خـلال ٧ عمليـات هـدم كمـا سـبق توضيحـه فـى شكل (٤٠) .

$$C_{16}H_{32}O_2 + 6\,OH_2 + 8\,Co.A\text{-}SH \Rightarrow 8\,CH_3\text{-}CO\text{-}Co.A + 28\,H$$

وتحمل ذرات الهيدروجين الناتجة على سـبعة جزيئـات NED وسـبعة جزيئـات FAD وتستهلك طاقة جزئ ATP .

وعند دخول كل جزئ من احماض الخليك الثمانية الى دورة حمض الستريك تؤكسـد فينطلق منها :

٨ × ٢ جزئ ثانى اكسيد الكربون	$= 16\,CO_2$
٨ × ٨ ذرة هيدروجين	$= 64\,H$
٨ × ٣ جزئ NAD H	$= 24\,NAD\,H$

٨ × ١ جزئ FAD = 8 FAD

٨ × ١ جزئ GTP = 8 GTP

ويحتاج جزئ حمض البالمتيك الدهنى الى:

٦ ذرات اكسجين من ٦ جزيئات ماء عند الاكسدة فى الوضع بيتا

و (٨ × ٣) ذرة اكسجين من (٨ × ٣) جزئ ماء فى دورة حمض الستريك .

وتكون جملة نواتج هدم حمض البالمتيك على النحو التالى :

الهيدروجين ٢٨ ذرة عند الاكسدة فى الوضع بيتا .

٦٤ ذرة عند اكسدة حمض الخليك النشط فى دورة حمض الستريك

٩٢ المجموع

وتدخل هذه الذرات ال (٩٢) فـى سلسـلة التنفس فتحتـاج الى ٤٦ ذرة اكسـجين لاكسدتها الى ٤٦ جزئ ماء ، فإذا طرحنا منها ٣٠ جزئ ماء دخلت التفاعل يكون الناتج الفعلى ١٦ جزئ وبالتالى يكون نتيجة هدم جزئ البالمتيك .

١٦ جزئ ثانى اكسيد الكربون ، ١٦ جزئ ماء ، ويستهلك ٤٦ ذرة اكسجين .

$$C_{16}H_{32}O_2 + 30\,OH_2 \rightarrow 16\,CO_2 + 92\,H$$

$$92\,H + 46\,O \rightarrow 46\,OH_2$$

$$C_{16}H_{32}O_2 + 46\,O \rightarrow 16\,CO_2 + 16\,OH_2$$

وتحمل ال(٩٢) ذرة هيدروجين على المركبات الحاملة للهيدروجين التالية لتوصيلـها الى سلسلة التنفس فى الميتوكوندريا ومن ثم تخزين طاقتها بعـد اكسـدتها بالاكسـجين علـى جزيئات الATP .

ATP ٩٣ = ٣ × NAD ٣١ = (٣ × ٨) + ٧

ATP ٣٠ = ٢ × FAD ١٥ = (١ × ٨) + ٧

ATP ٨ = ١ × GTP ٨ = (١ × ٨) + ٠

بطرح جزئ ATP استهلك فى تنشيط الحمض الدهنى

عند بداية التفاعل = - ١ ATP

المجموع الصافى = ١٣٠ ATP

وهكذا نصل الى نفس المعادلة الخاصة بهدم الباليتيك فى الهواء الجوى الا ان الطاقة الناتجة فى الجسم يستفاد منها بما يعطى ١٣٠ جزئ ATP يحمل كل جزئ منها ٧,٣ سعر حرارى كبير فيكون مقدار الطاقة المستفادة ١٣٠ × ٧,٣ = ٩٤٩ سعر حرارى كبير .

وحيث ان حمض الباليتيك يحتوى على طاقة كلية عن حرقه فى الهواء مقدارها ٢٣٤٠ سعر حرارى كبير فتكون كفاءة الاستفادة من طاقته

= (٩٤٩ ÷ ٢٣٤٠) × ١٠٠ = ٤٠,٥ ٪

وهى تقريبا نفس كفاءة الاستفادة من طاقة الجلوكوز

الا ان كمية الطاقة المستفادة من وحدة الوزن تختلف بين الكربوهيدرات والدهون .

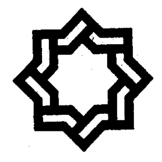
فقد علمنا ان مول من الجلوكوز يعطى طاقة مستفادة مقدارها ٢٧٧,٤ سعر حرارى كبير ، وحيث ان مقدار المول من الجلوكوز (الوزن الجزيئى الجرامى) = ١٨٠ جرام

اذن الجرام الواحد من الجلوكوز يعطى طاقة مقدارها

٢٧٧,٤ ÷ ١٨٠ = ١,٥٤ سعرا حراريا كبيرا

اما الحمض الدهنى البالميتيك فيعطى المول منه طاقة مستفادة مقدارها ٩٤٩ سعر حرارى كبيرا و مقدار المول منه ٢٨٠ جرام ، اذن الجرام الواحد من البالميتيك يعطى طاقة مقدارها ٩٤٩ ÷ ٢٨٠ = ٣٫٣٩ سعرا كبيرا

معنى ذلك ان وحدة الوزن من الأحماض الدهنية تعطى ٢.٧ ضعف الطاقة التى تعطيها وحدة الوزن من الجلوكوز.



الفصل الخامس

الفيتامينات

VITAMINS

تعتبر الفيتامينات أهم مجموعات مضافات الغذاء فى علائق الدواجن وتكاد تقتصر دراسة مضافات الغذاء عند دراسة تغذية الدواجن على مجموعة الفيتامينات ومجموعة العناصر المعدنية ، وتعد بريمكسات الفيتامينات والأملاح المعدنية أهم واكثر مخاليط مضافات الغذاء انتشارا وإنتاجا واستهلاكا .

مقدمة تاريخية

فى عام ١٨٨٠ لاحظ Takaki اليابانى الجنسية ان شرب عصير الفاكهة والخضراوات الطازجة يؤدى الى تحسين الصحة العامة لليابانيين .

وفى عام ١٨٨١ لاحظ Lunin ان العلائق النقية التى تحتوى على البروتين و الكربوهيدرات والدهون والأملاح المعدنية لا يمكنها وحدها ان تحافظ على الفيران ما لم يضف إليها بعض الأغذية الطبيعية ، وتلى ذلك ما سجله Lind وآخرون من أن عصائر الفاكهة يمكن ان تعالج المرض الشائع عند البحارة والجنود الذين يظلون لفترة طويلة محرومون من اللحم الطازج والخضراوات الطازجة .

وفى عام ١٨٩٧ لاحظ Eijkmann وآخرون أن أعراض مرض البرى برى على الطيور التى تتغذى على الأرز المضروب ، وكانت تزول هذه الأعراض بإضافة أرز غير مضروب الى علائقها .

وفى عام ١٩١٢ اقتراح Hopkins اسم العوامل الإضافية للغذاء (Accessery food factors) على إنها مواد حيوية توجد فى الأطعمة الطبيعية ، وبعد ذلك بعام اثبت Mendel & Osborne وجود هذه العومل فى اللبن.

فى عام ١٩١٢ أيضا تمكن Funk من عزل أحد هذه العوامل من رجع الكون وسماه أمين الحياة (Vita-amine) حيث ان كلمة Vita تعنى حياة ، و كلمة amine تعنى أمين أو حافظ ، وبذلك يعتبر فونك Funk هو أول من اكتشف الفيتامينات وسماها بهذا الاسم .

وكان الفيتامين الذى اكتشفه Funk سنة ١٩١٢ هو الفيتامين المعروف الآن

بالثيامين Thiamine وقد تحقق فونك بعد ذلك من وجود عامل آخر لاحظ انه يختلف عن هذا العامل الذى اكتشفه فى بادئ الأمر إلا انه بعكس الأول يذوب فى الدهن ولا يذوب فى الماء فسماه فيتامين أ (A) Vitamin بينما فيتامينه الأول الثيامين كان يذوب فى الماء ولا يذوب فى الدهن فسماه فيتامين ب Vitamin .

وظل الحال كذلك حتى تم اكتشاف بقية الفيتامينات فأعطيت رموزا اخرى ، حيث اتضح ان العامل الذى يذوب فى الدهون ليس عاملا واحد وانما هو عدة فيتامينات هى ما يعرف الآن بفيتامينات (أ) و(د) و (هـ) و (ك) ، وأيضا العامل الذى يذوب فى الماء ليس هو العامل الوحيد ، فقد اكتشف فيتامين (ج) فى عصائر الفاكهة الطازجة ، ثم تبين أن فيتامين (ب) مجموعة كبيرة من الفيتامينات ، وقد كانت هذه المجموعة فى بداية الأمر تزيد عن خمسة عشر فيتامين متميزا فى خصائصه ، أعطيت أرقاما مسلسلة للحرف الإنجليزى (B) ٣،٢،١....... وهكذا ، ثم اتضح بعد ذلك ان بعض هذه الفيتامينات ما هى إلا خليط من فيتامينين او اكثر من نفس المجموعة .

فمثلا : ما كان يطلق عليه فيتامين (ب٤) اتضح انه خليط من الريبوفلافين والبيريدوكسين .

ثم توالت الاكتشافات بعد ذلك حتى الآن وما زال البعض يطلق لفظ فيتامين على عوامل غذائية لم يتفق نهائيا بعد على أنها من الفيتامينات . فعلى سبيل المثال : يطلق لفظ فيتامين (ف) على عامل حيوى هام يتركب أساسا من ثلاثة أحماض دهنية هى (اللينوليك ، واللينولينك والاراكيدونيك).

ما هى الفيتامينات ؟

الفيتامينات مركبات عضوية ذات قيمة حيوية كامنة تتواجد فى كثير من النباتات الخضراء والثمار والفواكه ، وتتواجد بكميات بسيطة فى المواد الغذائية والبعض منها يتكون فى جسم الإنسان والحيوان أثناء العمليات الحيوية من مواد تعتبر مصدرا لتكوين هذه الفيتامينات و تعرف باسم مولدات الفيتامينات Provitamens و تنتقل الفيتامينات الى الجسم عن طريق الأغذية المختلفة .

وتعمل الفيتامينات ما يشبه عمل الهرمونات والإنزيمات في تنظيم وتناسق التفاعلات الحيوية فى الخلية ، ولو ان ما يلزم منها يعتبر كميات بسيطة جدا و البعض منها يدخل فى تركيب العديد من النظم الانزيمية مثلها فى ذلك مثل الأملاح المعدنية .

وفى حالة غياب أحد الفيتامينات فى العليقة تسمى هذه الحالة

Avitaminosis مثل غياب فيتامين (أ) مثلا ، ولكن إذا كان النقص فى اكثر من فيتامين واحد استخدم اصطلاح Polyavitaminosis .

و حتى الآن لم تكتشف كل وظائف الفيتامينات او حتى كل وظائف أى فيتامين منها ، كما انه لم تعرف على وجه التحديد علاقة هذه الفيتامينات بعضها مع بعض بالدرجة الكافية ، وبتقدم المعرفة عن التركيب ، الكيماوى للفيتامينات اتضح أنها عبارة عن عدد من المشتقات الكيماوية المتقاربة التركيب وأمكن تخليق بعض هذه المشتقات كيميائيا و اتضح أن هذه المشتقات سواء الطبيعية منها أو المخلقة ليس لها نفس النشاط الفسيولوجى.

فعل سبيل المثال : فيتامين (أ) يوجد فى الطبيعة على صور كيميائية مختلفة وقد تبين ان مصادره فى النبات مجموعة من الكاروتينات ذات الكفاءة المختلفة فى تحويلها الى الصورة النشطة للفيتامين ، وتعتبر (البيتا-كاروتين) أكثرها نشاطا . ومن هنا برزت أهمية التمييز بين ما يسمى بالنشاط الفيتامين للمادة الغذائية Vitamin Activity وبين ما يسمى المحتوى الفيتامينى لها Vitamin Content،وكذلك فيتامين (د) يوجد فى الطبيعة على صور كيميائية مختلفة .

كما ان بعض الفيتامينات لها تخصص نوعى ، بمعنى ان بعض أنواع الحيوانات يحتاج الى فيتامين معين بينما حيوان أخر لا يحتاج الى هذا الفيتامين ، فمثلا : فيتامين (ج) ضرورى جدا فى طعام الإنسان وخنازير غنيا والقرود ، ولكن كل من الكلاب و الفيران وحيوانات اخرى يمكنها ان تخلقه ، وبعض الحيوانات تغطى احتياجاتها من بعض فيتاميناتها من ذلك القدر الذى تخلقه البكتريا والكائنات الدقيقة فى قناتها الهضمية أو فى كرشها.

ويمكن تلخيص خصائص الفيتامينات فيما يلى :

(١) أنها مركبات غذائية ، ولكنها تختلف عن الكربوهيدرات والدهون والبروتينات

(٢) توجد فى الغذاء بكميات بسيطة ، ولكنها تؤدى دورا مهما فى العمليات الحيوية التى تحدث فى الجسم .

(٣) أنها ضرورية لحفظ النمو الطبيعى للأنسجة الحيوانية وللمحافظة على الصحة بوجه عام.

(٤) ينتج عن غيابها فى الغذاء أو وجودها على صورة غير صالحة أمراضا معينة يمكن التغلب عليها بإضافة الفيتامين المختص .

(٥) لا يستطيع الحيوان او الطائر ان يركبها داخل جسمه ، ولذلك يجب إمداده

بها باستمرار فى الغذاء الذى يأكله .

ومن بين الفيتامينات المعترف بها يوجد ما يشذ عن القواعد السابقة ، فمثلا : يمكن أن يركب فيتامين (د) داخل الجسم بمساعدة عامل خارجى هو الأشعة فوق البنفسجية ، وكذلك يمكن أن يتحول الحامض الأمينى التربتوفان الى النياسين داخل الجسم لحد محدود.

العوامل التى تؤثر فى احتياج الدواجن من الفيتامينات

(١) اثر عمليات التصنيع والخلط والتشكيل

تحتاج عملية تشكيل العلائق فى محببات او مكعبات الى رفع درجة حرارتها وبالتالى الى فقد جزءا كبيرا من محتواها الفيتامينى أو من نشاطها الفيتامينى ، كذلك يفقد جزء من الفيتامينات الذائبة فى الدهون نتيجة لغلى هذه الدهون فى أوانى معدنية قبل خلطها فى العلائق.

(٢) تخزين مواد العلف والعلائق

بعض الفيتامينات أو مولدات الفيتامينات تفقد بعض نشاطها الفيتامينى بالتخزين ، وقد وجد أن تخزين الذرة الصفراء أو الألفالفا وخاصة تحت ظروف تخزين سيئة ، أدى الى فقد جزء كبير من الكاروتينات (مولدات فيتامين ـأ) وكذلك أدى الى تأكسد معظم محتواها من فيتامين (ج)

(٣) زيادة نسبة الرطوبة فى الأعلاف والعلائق

وجود نسبة كبيرة من الرطوبة فى الأعلاف والعلائق تؤدى الى تلف وتأكسد بعض الفيتامينات مثل : الثيامين (من مجموعة فيتامين ب) وكذلك تؤدى الى سرعة تأكسد الدهون وبالتالى تأكسد فيتامين (أ) وفيتامين (ج) .

(٤) الظروف البيئية

ارتفاع درجة الحرارة يؤدى الى خفض فاعلية معظم الفيتامينات واكثر الفيتامينات تأثرا بالحرارة هو فيتامين (ج) ، كما أن نتيجة لتعرض العليقة للضوء تتأثر مجموعة فيتامين (ب) وخاصة (ب١،ب٢) بالأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية .

وارتفاع درجة حرارة الجو تسبب قلة شهية الطيور ، وبالتالي قلة المستهلك من العليقة وعليه تقل كمية الفيتامينات المأكولة ، مما يجب معه زيادة نسبها فى العلائق .

(٥) عمليات تعقيم الأعلاف

قد نضطر فى بعض الأحيان الى تعقيم مواد العلف ، إما برفع درجة حرارتها أو بتعرضها للإشعاع لقتل الميكروبات الضارة بها ، وذلك يؤدى الى تأثير سىء على محتواها الفيتامينى .

(٦) زيادة الطاقة فى العلائق

وجد أن زيادة الكربوهيدرات فى العلائق يزيد من الاحتجاج من الثيامين والنياسين بنسبة ١٠-٢٠% كما أن زيادة الدهون يزيد من الاحتياجات من فيتامين (هـ) و الكولين بنسبة ٢٠-٤٠% كما أن زيادة الطاقة فى العليقة بصفة عامة يقلل من كمية العليقة المستهلكة ، مما يترتب عليه قلة المأكول من الفيتامينات .

(٧) نظام تربية الطيور

وجد أن تربية الطيور فى بطاريات يزيد من احتيلجاتها من فيتامين (ب) وفيتامين (ك) عن تلك التى تربى تربية أرضية ، ويرجع ذلك الى أن الطيور التى تربى تربية أرضية تعوض جزءا كبيرا من احتياجاتها عن طريق تناولها للزرق الذى يحتوى على نسبة من مجموعة فيتامين (ب) وخاصة ب١٢ و فيتامين (ك) ، والتى يتم تخليقها فى الزوائد الأعورية ، وتخرج مع الزرق قبل امتصاصها ، أما الطيور التى تربى فى بطاريات فإنها تكون محرومة من هذه التعويضات ، مما يدعو ذلك الى زيادة نسبة هذه الفيتامينات فى علائق تلك الأخيرة .

(٨) الاعتماد على جداول التحليل فى حساب المحتوى الفيتامينى لمواد العلف

جداول التحليل الكيماوى لمواد العلف التى توجد فى مختلف المراجع هى معدلات تقريبية وهى تختلف باختلاف المكان ونظام التحليل وأماكن إنتاج مواد العلف والمعاملات التى تعرضت لها وأسلوب الإنتاج الذى يختلف من دولة الى اخرى ، وذلك يجعل الأخذ بها على علاتها أمر فيه بعض التجاوز والمجازفة ، لذلك يلزم زيادة المضاف من الفيتامينات عن هذا المحتوى الجدولى ليمكن تلافى هذه الاختلافات .

(٩) الاختلافات الفردية بين الطيور :

نظرا لان الاحتياجات تقدر على أساس متوسط الاحتياجات الفردية بين الطيور و عند الالتزام بهذه الاحتياجات تظهر أفراد عالية النمو أو منخفضة الاستفادة من الفيتامينات ، مما يظهر عليها أعراض النقص ، وذلك يتطلب زيادة المضاف من الفيتامينات عن حد الاحتياجات (Requirements) بما يعرف

بالمقننات (Allowances)

(١٠) ظهور هجن الطيور عالية الإنتاج

لاشك أن تقدما كبيرا قد طرأ على فن تربية الدواجن ، فأصبح العام الواحد يشرق فتحمل لنا الاختبار العلمية العديد من الطرز والأنماط الوراثية المستنبطة من هجن وخلطات طيور عالية الإنتاج فى اللحم والبيض ، وتلك الخلطات والهجن بالضرورة ذات احتياجات عالية من الفيتامينات عن مثيلتها من السلالات النقية الأصيلة ، أو حتى الخطات السابقة عنها او الاجيال التالية لهذه الخلطات السابقة ، ويتطلب ذلك بجانب مواكبة هذا التطور فى فن تربية الطيور تطورا مصاحبا فى علم التغذية وخاصة فرع المضافات لتحديد احتياجات ومقننات هذه الخلطات والهجن.

(١١) الإصابة بالطفيليات المعوية

الإصابة بالكوكسيديا وباقى الطفيليات المعوية تؤدى الى تلف بعض الفيتامينات وخصوصا فيتامين (أ)،(ك)، وذلك بفعل بعض السموم التى تنتجها هذه الديدان والطفيليات ، او بفعل تأكسدها من جراء المواد الناتجة عن التمثيل الغذائى لهذه الطفيليات ، ويجب عند الإصابة بهذه الطفيليات ، زيادة كميات هذه الفيتامينات فى العليقة .

(١٢) تلوث العليقة أو الأعلاف بالفطريات

وجود الفطريات فى مواد العلف أو نموها على العلائق بعد خلطها يؤدى الى إفساد بعض محتواها من الفيتامينات من ناحية ، وأيضا فإن سموم هذه الفطريات تؤثر على صحة الطيور مما يزيد من احتياجاتها للفيتامينات من ناحية اخرى .

(١٣) تأثير الكيماويات

وجود أملاح النتريت او الكريتيت فى العليقة أو مياه الشرب يؤدى الى تلف فيتامين (أ) والنياسين.

(١٤) تأثير المضادات الحيوية

إذا أضيفت المضادات الحيوية بكميات قليلة فإنها تقلل من تعداد البكتريا الضارة الموجودة بالأمعاء وبالتالى تزيد من كفاءة الفيتامينات ، أما إذا أضيفت بكميات كبيرة فإنها تقتل كل من البكتريا والكائنات الدقيقة الضارة والنافعة ، وبالتالى تحرم الطائر من الفيتامينات التى تخلقها هذه الكائنات الدقيقة مثل فيتامين (ك) ومجموعة (ب) .

(١٥) مضادات الفيتامينات

هناك موادا مضادة للفيتامينات ، فعند وجودها فى العليقة ، أو عند إضافتها يجب زيادة تلك الفيتامينات بالقدر الذى تتلفه هذه المضادات أو تضاده ، ومن أمثلة ذلك على سبيل المثال :

(أ) الاوكسى ثيامين و البريميثامين كمضادات للثيامين
(ب) الافيدين كمضاد للبيوتين
(ج) البيريدين كمضاد لحمض النيكوتينيك
(د) السلفاكين اوكسلين وبعض مضادات الكوكسيديا كمضادات لفيتامين (ك).

(١٦) وجود الإنزيمات المحللة للفيتامينات

هناك بعض الأنزيمات التى تحلل الفيتامينات ، وفى حالة وجودها فى العليقة ، يجب معاملتها للتخلص منها وإلا فأنها تقوم بتكسير الفيتامين الذى تعمل عليه وتجعله غير فعال ، وذلك مهما تمت إضافة هذا الفيتامين فى العليقة ، وهذه الحالة تختلف عن حالة مضادات الفيتامين التى يمكن تلافى أثرها المضاد بزيادة الفيتامين فى العليقة ولكن بالنسبة للأنزيم فانه يتلف اى كمية تضاف مهما زادت، و للتغلب على ذلك اما ان يعامل الانزيم للتخلص منه أو يضاف الفيتامين الى ماء الشرب ، أو يعطى عن طريق الحقن ، ومن أمثلة ذلك أنزيم الثيامينيز الموجود فى السمك الطازج والذى يحلل الثيامين .

(١٧) معوقات الامتصاص

فى حالة وجود معوقات الامتصاص سواء بأسباب ترجع للعليقة أو للطائر يجب زيادة كمية الفيتامينات المعطاة لتلافى الفقد نتيجة عدم الامتصاص، وترجع أسباب سوء الامتصاص الى :

<u>أولا :أسباب تتعلق بالطائر مثل:</u>

(أ) بعض الأمراض المعوية ، أو الإصابة بالطفيليات المعوية تسبب تهيج والتهاب فى القناة الهضمية ، مما يؤدى الى قلة كفاءة الامتصاص.

(ب) وجود أمراض الكبد أو انسداد القناة الصفراوية ، يؤدى الى قلة العصارة الصفراوية ، وبالتالى تقل كفاءة امتصاص الفيتامينات الذائبة فى الدهون

ثانيا: أسباب تتعلق بالعليقة مثل :

(أ) زيادة نسبة الدهون فى العليقة تقلل من كفاءة الامتصاص للدهون عامة ، بما فى ذلك الفيتامينات الذائبة فيها.

(ب) وجود مضادات السموم والمسهلات تقلل من امتصاص الفيتامينات بصفة عامة.

(١٨) تأثير الهرمونات

(أ) تزداد الاحتياجات من فيتامين (د) نتيجة اختلال التمثيل الغذائى للكالسيوم ، وبالتالى فان هرمون الباراثيرويد له تأثير غير مباشر على الاحتياجات من فيتامين (د) بتأثيره على التمثيل الغذائى للكالسيوم.

(ب) هرمون الادرينالين يؤدى الى زيادة الاحتياج من فيتامين (أ) ،(ج)،(ب٦) وحمض الفوليك .

(١٩) التصنيع الذاتى للفيتامينات

بعض الفيتامينات يقوم الجسم بتخليقها من مواد غذائية اخرى ، مثل فيتامين (ج) أو من مولدات الفيتامين ، مثل :فيتامين (أ) الذى يخلق من الكاروتين وفيتامين (د٣) الذى يخلق من 7-dehydrocholesterol ، وهذا التصنيع الذاتى يوفر جزء ا كبيرا من احتياجات الطائر من هذه الفيتامينات ، ويمكن ان يتأثر هذا التصنيع الذاتى بعوامل طبيعية او غذائية ، وبالتالى تزداد او تقل الاحتياجات من هذه الفيتامينات.

(٢٠) مستوى الأحماض الأمينية فى العليقة

لوجود بعض الاحماض الامينية الضرورية فى العليقة اثر موفر لبعض الفيتامينات ، ومن أمثلة ذلك :

(أ) التربتوفان له اثر موفر على النياسين
(ب) الميثايونين له اثر موفر على الكولين ولحمض الفوليك

(٢١) التصنيع الميكروبى للفيتامينات

تقوم البكتريا فى الأمعاء بتخليق نسبة كبيرة من فيتامين (ك) ومن فيتامين (ب المركب) ، وأى تأثير فى عدد هذه البكتريا ، مثل استخدام السلفا أو المضادات الحيوية ، تتأثر هذه الكميات المختلفة من هذه الفيتامينات مما يتطلب

زيادتها فى العليقة .

(٢٢) الإصابة بالأمراض

الإصابة بالأمراض بصفة عامة تؤدى الى نقص كمية الفيتامين فى الجسم وبالتالي يجب زيادة نسبة الفيتامينات فى العليقة أثناء الإصابة بالأمراض ولفترة مناسبة بعد انتهاء العلاج .

(٢٣) ظهور أعراض نقص الفيتامينات فى الطيور

فى حالة عدم اكتشاف أحد العوامل السابقة او بعضها فى الوقت المناسب قد يترتب عليه ظهور أعراض نقص بعضها ، وفى هذه الحالة يجب مضاعفة الكمية المضافة من هذه الفيتامينات - عدة أضعاف - حتى يمكن تلافى ظهور الأعراض وعوده الطيور الى حالتها الطبيعية .

(٢٤) إضافة مضادات التأكسد

إضافة مضادات التأكسد او فيتامين (هـ) له اثر موفر على فيتامين (أ) حيث ان هذه المواد تمنع تأكسده ، وبالتالى فى حالة عدم وجودها يجب زيادة محتوى العليقة من الفيتامين .

علاقة الأحماض الأمينية بالفيتامينات

(١) تستخدم الطيور التربتوفان فى إنتاج النياسين ، وفى الطيور التى ينقص فى غذائها النياسين ، يمكنها تخليقه من التربتوفان ، إذا كان ذلك الأخير متوفرا فى العليقة ، ولهذا دلالة كبيرة ، إذ يمكن تخفيف الإسراف من الحمض الأمينى الهام التربتوفان بمراعاة عدم نقص النياسين فى العليقة .

(٢) الريبوفلافين له علاقة بالتمثل الغذائى للبروتينات

(٣) هناك علاقة بين الميثايونين والكولين والبيوتين ، إذ يعطى الميثايونين مجموعة الميثيل لتكوين الكولين .

(٤) هناك علاقة بين الميثايونين وحمض الفوليك والكولين ، إذ يعطى حمض الفوليك مجموعة الميثيل لتكوين الكولين ويوفر الميثايونين .

(٥) لحمض الفوليك وظيفة هامة فى تخليق البيورين والبيريميدين فى بروتين العضلات .

(٦) لفيتامين ب١٢ علاقة بتخليق البروتينات فى الخلايا

تقسيم الفيتامينات

يبلغ عدد المركبات التى اتفق على اعتبارها من الفيتامينات ١٨مركبا بالاضافة الى مركبات اخرى يعتقد انها عوامل غذائية لها خصائص الفيتامينات الا انه لم يسدل الستار بعد بخصوص وضعها ضمن المجموعة الغذائية من عدمه كما ان بعضها لم تكتمل بعد الدراسة عن تركيبها او ماهيتها الكيميائية و اشهر هذه المركبات ثلاثة هى فيتامين كيو و فيتامين ل و فيتامين ب١٥(حمض البانجاميك) و يمكن تقسيم هذه الفيتامينات العشرون الى مجموعتين أساسيتين هما:

(أ) الفيتامينات الذائبة فى الدهون Fat-soluble vitamins

وتشمل: فيتامينات (أ)، (د)، (هـ)، (ك) ، (ل) ، (كيو)

(ب) الفيتامينات الذائبة فى الماء Water-soluble vitamins.

وتنقسم بدورها الى مجموعتين:

الأولى : مجموعة فيتامين ب المركب B-complex

وتشمل بدورها تحت مجموعتين :

(أولا) الفيتامينات المتأثرة بالحرارة Thermobile vitamins

وتشمل الثيامين Thiamine

(ثانيا)الفيتامينات المقاومة للحرارة Thermostable vitamins

وتشمل ١٢ فيتامينا هى:

١- الريبوفلافين Riboflavin
٢- حمض البانتوثينيك Pantothenic acid
٣- البيريدوكسين Pyridoxine
٤- البيوتين Biotin
٥- حمض الفوليك Folic acid
٦- النياسين Niacin
٧- فيتامين (ب١٢) Vitamin B_{12}
٨- الكولين Choline
٩- حمض بارامينوبنزويك P-aminobinzoic acid
١٠- حمض الليبويك Lipoic acid
١١- الانوسيتول Inositol
١٢- فيتامين ب ١٥(حمض البانجاميك) Vit. B_{15}

الثانية : بقية الفيتامينات الذائبة فى الماء : وتشمل فيتامينان هما :

١-فيتامين (ج) Vitamin C
٢- فيتامين (بى) Vitamin P

وليست كل هذه الفيتامينات الثمانية عشر قد ثبت ضرورة إضافاتها فى علائق الدواجن الطبيعة ، بل ان بعضها لم تظهر له أعراض نقص على الدواجن حتى تلك التى غذيت على علائق نقية، ولكن من ناحية اخرى فلا يمكن القطع باستغناء الدواجن عن اى منها ، ولذلك سوف نتناول هذه الفيتامينات بشىء من التفصيل ، أما الفيتامينات التى لم يثبت ضرورة إضافتها فى علائق الدواجن فسنذكر نبذة قصيرة عنها وهى فيتامينات (ج) ، (بى) ، والانوسيتول.

فيتـامين (أ)

VITAMIN (A)

ويسمى أيضا : الريتينول Retinol

بدأت دراسة هذا الفيتامين فى عام ١٩٩٠٩ مع بداية اكتشاف الفيتامينات كما سبق ان أوضحنا فى مقدمة هذا الفصل ، و تم تحليقه فى سنة ١٩٢٣ .

يوجد من فيتامين (أ) عدة اشباه من المركبات التى لها نفس او بعض النشاط الفيتامينى تتشابه الى حد كبير فى التركيب البنائى ، و لذلك يطلق على امثال تلك المركبات المتشابهة او المتقاربة فى التركيب البنائى لفظ (فيتـاميرات) واكثر فيتاميرات فيتامين (أ) هو فيتامين (أ١) و يوجد فى كبد الاسماك البحرية بكمية تفوق كمية فيتامين (أ٢) بخمسة اضعاف.

و يوجد لكل صورة من صور الفيتاميرات عدة ايزوميرات الا ان عددا قليلا من هذه الايزوميرات ذو نشاط فيتامينى.

و يجب ان نفرق بين الفيتامير و الايزومير : فالاول مشابه تركيبى يختلف عن غيره من اشباهه بزيادة او نقص او تحور فى التركيب البنائى أو تغير فى عدد او مكان الروابط او فى شكل او ترتيب المجموعات او الذرات فى الجزئ ، اما الايزومير فهو نظير هندسى يختلف فى التوزيع التناظرى لاحد المجموعات او

الذرات حول المحاور التناظرية للمركب.

كيمياء فيتامين (أ) وصورة

يتكــون فيتــامين (أ) فــى صــورته المثاليــة (شــكل ٩٥- أ) والمســماة all- trans- vitamin A1 من حلقة بيتا اونون β -ionone وسلسلة كربون جانبية غير مشبعة طولها ١٠ ذرات كربون ، ويحتوى على خمس مجموعات ميثيل : ثلاثة على حلقة الاونون واثنين على سلسلة الجانبية ، وبه خمس روابط زوجية غير مشبعة : واحدة فى حلقة الاونون والأربعة فى السلسلة الجانبية ، وجميعها فى الصورة الراسيمية (trans).

مولدات الفيتامين

ويتم تخليق هذا الفيتامين داخل الجسم من مولداته ، وهى البيتا- كاروتين ، واشبياهها ، ولكى نعرف النشاط الفيتامينى لمولدات فيتامين (أ) يجدر بنا الرجوع الى تركيب هذه المولدات .

يحتوى جزيئ الكاروتين (شكل ٩٦- أ) على حلقتين اونون ionone

شكل ٩٥(أ)

all-*trans* vitamin A_1
($retinol_1$)

شكل -٩٥(ب)

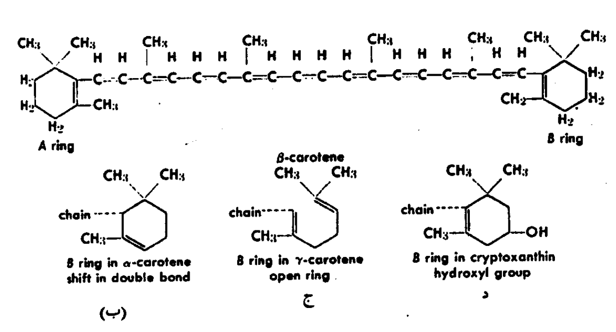
all-*trans* vitamin A_2
($retinol_2$)

وسلسلة جانبية تربطهما معا ، تحتوى على ٢٠ ذرة كربون ، ومع ذلك فليس لكل صور الكاروتين القدرة على إعطاء فيتامين (أ) بنفس النسبة .

والكاروتين المثالى هو ما يسمى all-trans-β-carotene وهذه المادة تعطى جزيئان من فيتامين (أ) نشاطها الفيتامينى ١٠٠ % لكل فيتامين منها . وتقل فاعلية النشاط الفيتامينى للكاروتين تبعا للتغيرات التالية :

(١) التغير فى حلقة الاونون : فإذا تغيرت إحدى الحلقتين عن الوضع بيتا (β) قلت قدرة الكاروتين على إعطاء فيتامين (أ) الى النصف وإذا تغيرت كلتا الحلقتين فقد الكاروتين قدرته على إعطاء أى نشاط فيتامينى كما فى شكل ٢ ب ، ج ، د .

شكل ٩٦ (أ)



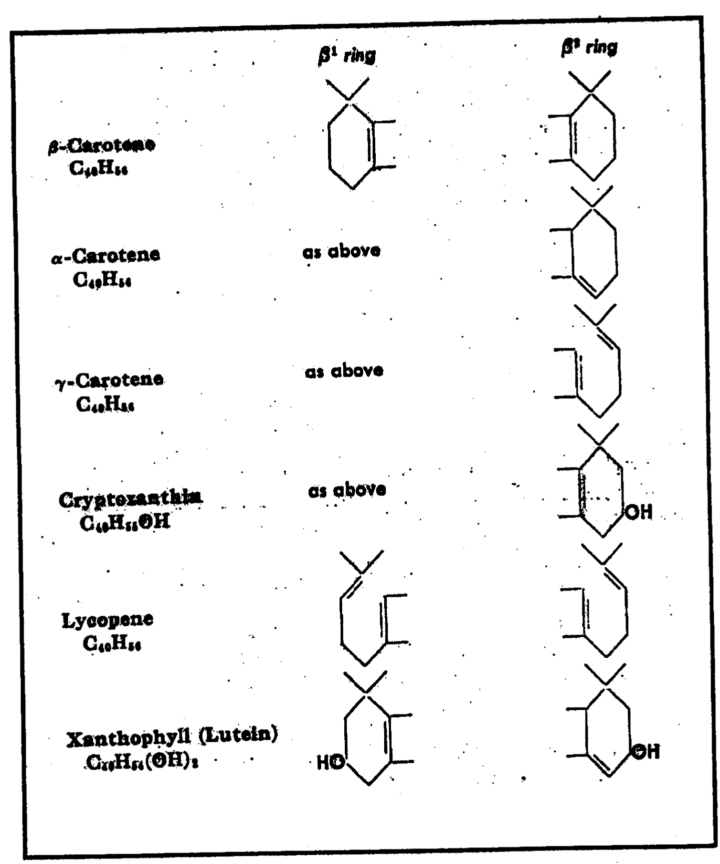
لذلك نجد ان الكاروتين (α) فيه الحلقة (β) تختلف فى موضع الرابطة الزوجية كما فى الشكل (٩٦- ب) و الكاروتين (γ) الحلقة (β) مفتوحة كما فى شكل (٩٦- ج) والكربتوكرانثين تكون الحلقة كما فى شكل (٩٦- د).

(٢) التغير فى عدد الروابط الزوجية : إذا زادت الروابط الزوجية فى حلقة الاونون الى رابطتين فان الفيتامين الناتج المحتوى على هذه الحلقة يكون اسمه فيتامين (أ٢) Vitamin A2 ويكون له نصف النشاط الفيتامينى(شكل ٩٥ — ب) و الشكل (٩٧) يلخص الاختلاف فى أنواع الكاروتينات المختلفة.

(٣) التغير فى الصورة الراسيمية للروابط الزوجية : فإذا تغيرت رابطة

واحدة هى تلك الرابطة التى على ذرة الكربون رقم ١٣الى الوضع (cis)سمى الفيتامين الناتج Neo-a-vitamin A1 وكان نشاطه ما يوازى ٨٥% من الصورة المثالية ، أما إذا كان هذا التغير فى الرابطة التى على ذرة الكربون رقم

١١ يسمى Neo-b-vitamin A1 ويكون نشاطه يوازى ٧٥% من الصورة المثالية ، ..... وهكذا.



شكل (٩٧)

اختلاف حلقات الاونون فى انواع مختلفة من مولدات الفيتامين من الكاروتينات و اشباهها

ومن ناحية اخرى فان لفيتامين (أ) صور مختلفة تبعا للمجموعة الفعالة الموجودة فى طرف السلسلة الجانبية للفيتامين (ذرة الكربون رقم ١٥) ، وهى:

(أ) الصورة الكحولية (ريتينول) Retinol اذ كانت هذه المجموعة مجموعة هيدروكسيل OH–

(ب) الصورة الالدهيدية (ريتينال او ريتينين) Retinal , Retinene إذا كانت هذه المجموعة مجموعة الدهيد CHO-

الصورة الحمضية (ريتينويك اسد) Retinoic acid اذا كانت هذه المجموعة مجموعة كربوكسيل COOH –

الصورة الاسترية (ريتنول استر) Retinol ester اذا كانت فى صورة متحدة مع بعضها الأحماض الدهنية او العضوية الأخرى .

وللمجموعة الكحولية أهمية كبرى ، حيث تكسب الفيتامين القدرة على الاتحاد مع الأحماض الدهنية والأحماض الصفراوية أو البروتينات . بينما الصورة الاسترية هى الصورة الغالبة للفيتامين عند إعطائه فى صورة نقية ، حيث يعطى متحدا مع حمض الخليك Acetic acid او حمض البالمتيك palmetic acid فى صورة استرات تعرف بخلات (اسيتات) الريبتينول Retinyl acetate وبلميتات الريتينول Retinyl palmetate على الترتيب .

وفيتامين (أ) فى الصورة الكحولية عبارة عن بلورات صفراء (شكل –٩٨) تذوب فى فورمات الاثيل عند درجة ٦٣م ، وفى الكحول الميثيلى عند درجة ٧م ويمتص الفيتامين الأشعة فوق البنفسيجية فى اجهزة القياس الطيفية بأقصىامتصاص عن الطول الموجى ٣٢٥ نانومتر (ميللى ميكرون) فى حين تكون المادة المولدة للفيتامين β- carotene عبارة عن بلورات صفراء يمكن تخليقها تجاريا شكل (٩٩).

الدور الحيوى للفيتامين

١- يحمى الأغشية المخاطية الداخلية والخارجية مثل : ممرات التنفس والقناة الهضمية والحالبين والنسيج الطلائى لقناة المبيض ، ولذا فان له طبيعة مقاومة للعدوى.

(٢) يؤثر على النمو وعلى تكوين العظام والأعصاب وينظم عمليات الهدم والبناء ، كما انه لازم للنمو الجنسى .

(٣) لازم للرؤية السليمة ولسلامة العيون.

(٤) لازم لتكوين المناعة و نقصه يؤدى الى عدم استجابة الطيور للقاحات و عدم تكوين مناعة كاملة.



شكل (٩٨)
بلورات من فيتامين (أ)



شكل (٩٩)
بلورات من بيتا كاروتين

(٥) لازم فى عمليات التمثيل الغذائى للهرمونات الجنسية ، ولذلك فهو ضرورى لانتظام عمليات التبويض ، وهو مكون للسائل المنوى فى الديوك بصفات وكفية كيماوية تكفى لعملية الإخصاب ، وكذلك له دور فى عملية تخليق البروتين وبناء الأزوت فى الجسم .

(٦) يلعب دورا هاما فى الحفاظ على نفاذية أغشية الخلية.

(٧) ضرورى للتكوين الطبيعى لقاعدة غضروفى الركبة وحفظ مستوى الضغط الطبيعى لسائل العمود الفقرى ، وله تأثير على الأنسجة الغضروفية بصفة عامة وخاصة فى فترة النمو .

(٨) يزيد الشهية للاكل

(٩) له دور هام فى تخليق الجلوكوز من جزئ الترايوز وذلك بتأثيره على الهرمونات التى تتحكم فى هذا التخليق.

هذا ويمكن القول ان لفيتامين (أ) علاقة مباشرة او غير مباشرة بكل من العمليات الحيوية التالية :

النمو (انسجة طلائية – غضاريف- عظام) -الاخصاب ، التنفس ، انتاج البيض، النشاط الحيوى ، عمليات التمثيل الغذائى (هضم –امتصاص-اخراج) ، سلامة الاغشية الخلوية الداخلية.

فيتــامين (د)

VITAMIN (D)

ويسمى ايضا : الكالسيفيرول Calciferol

بدأت دراسة فيتامين (د) فى عام ١٩١٦ و تم الحصول عليه بالطرق التخليقية فى عام ١٩٣١ م .

لهذا الفيتامين عدة صور يختلف نشاطها الفيتامينى باختلاف انواع الحيوانات و الطيور و لذلك يطلق عليه احيانا مصطلح (مجموعة فيتامين – د)

كيمياء فيتامين (د) وصورة :

يوجد فيتامين (د) فى عدة فيتاميرات تعتبر مشتقات للسترولات، واكثرها انتشارا فيتاميرات (د٢) و (د٣) .

(١) فيتامين (د٢) : و يسمى:

الكالسيفرول Calciferol

وهو يشتق من الارجيستورول داخل جسم الحيوان والإنسان فى وجود الأشعة فوق البنفسجية (شكل ١٠٠) ، ولهذه الصورة نشاط فيتامينى فى الثدييات و لكن فاعليته قليلة او تكاد تكون معدومة فى الدواجن.

شكل(١٠٠)

كيفية تحول فيتامين (د٢) عن الأرجوستيرول

(٢) فيتــامين (د٣) و يســمى كولىكالســـــــــــــــيفيرول Cholecalciuferol وهـو يشـتق داخل جسـم الحيوان والـدواجن مـن 7-dehydrocalciferol فـى وجـود الأشـعة الفـوق بنفسـجية شـكل (١٠١) وهـو ذو نشـاط فيتـامينى فـى كل من الثدييات و الطيور.

و التركيب البنائى لفيتامين (د٣) يشبه فيتامين (د٢) فيما عدا السلسلة الجانبية عند الموضع ١٧ فى الكوليستيرول.

ويتم التحول من الصورة الغير فعالة الى الصورة الفعالى للفيتامين داخل جسم الكائن الحى و خاصة تحت الجلد بمساعدة الاشعة الفوق بنفسجية و ذلك باغلاق الرابطة بين ذرات الكربون رقم ٩-١٠ فى الحلقة B حيث يتم اولا نزع الهيدروجين من الكوليستيرول و يتحول الى 7-dehydrocolecterol .

Cholesterol $C_{27}H_{45}OH$

7-Dehydrocholesterol

UV

Steps

Activated 7-dehydrocholesterol Vitamin D_3

شكل (١٠١)

كيفية تحول فيتامين (د-) عن الكوليسترول

و فيتامين (د٢) و (د٣) عبارة عن بللورات عديمة اللون- تنصهر عند درجة حرارة ١١٥ – ١١٦ ° م) و هى غير قابلة للذوبان فى الماء و لكنها تذوب فى الدهون و مذيباتها جيدا ، و كلا من هاتين الصورتين تتحلل بسرعة بفعل العوامل المؤكسدة و الاحماض المعدنية و يجرى التحلل فى مكان الرابطة الزوجية بين الذرات الكربونية رقم ٧ و ٨ فى الحلقة B .

هذا وتوجد صور اخرى لبعض مشتقات السترولات يكون لها نشاط فيتامينى منها:

فيتامين (د٤) وهو الصورة النشطة لمركب 22-dehydroergostero

فيتامين (د٥) وهو الصورة النشطة لمركب 7-dehydrocalciferol

واهم هذه الصورة بالنسبة للدواجن هو فيتامين (د٣) حيث أن الصورة الأولى ليس لها نشاط فيتامينى مانع للكساح فى الدواجن ، بينما فيتامين (د٢) ، (د٣) لها اثر فعال فى الإنسان .

الدور الحيوى للفيتامين

من الصعب مناقشة الدور الحيوى لفيتامين (د) إلا إذا وضع فى الاعتبار علاقته الوثيقة بكل من:

(١) هرمونات غدة جار الدرقية
(٢) الصورة المختلفة لكل من الكالسيوم والفوسفور فى الغذاء ، والدم والأنسجة والإخراج.
(٣) ميكانيكية نمو العظام
ويمكن إيجاز الدور الحيوى لفيتامين (د) فى الآتى :

١- يزيد من امتصاص الكالسيوم والفوسفور فى الأمعاء

٢- يعمل على الحفاظ على نسبة الكالسيوم والفوسفور فى الدم عند معدلها الطبيعى ، حيث أن الفيتامين يقوم بدور أساسى فى التمثيل الغذائى للكالسيوم والفوسفور .(نقل ، تحريك ، بناء، هدم،إخراج)

٣- له علاقة مباشرة بعملية التكلس سواء فى بناء العظام او المنقار او المخالب او قشرة البيضة.

٤- له دور فى التمثيل الغذائى لحمض الستريك الذى يعتبر مادة هامة فى كل الخلايا والأنسجة بالجسم .

٥- يزيد من نشاط أنزيم الفيتيز Phytase الذى يحلل حمض الفيتيك الموجود فى العليقة وبذلك يزيد المتاح من الفوسفور الكلى فى الغذاء .

٦- ربما كان للفيتامين دورا فى بناء العناصر المعدنية الأخرى من غير الكالسيوم والفوسفور فى العظام او قشرة البيضة.

٧- ضرورى لإتمام وظيفة هرمون الغدة جار الدرقية ، فيما يتعلق بنقل وتحريك وإخراج الكالسيوم والفوسفور .

٨- وقد وجد انه يحافظ على معدل النمو فى الكتاكيت وان نقص الفيتامين يؤدى الى نقص النمو .

فيتـامين (هـ)

VITAMIN (E)

ويسمى أيضا: الفا – توكوفيرول α - Tocopherol

كيمياء فيتامين (هـ) وصوره

حتى عام ١٩٢٧ لم يكن فيتامين (هـ) معروفا كفيتامين له الخصائص المعروفة عنه الآن غذائيا وصحيا ، وعندما عرفت عنه هذه الخصائص كانت تعزى لذلك الجزء الغير مستحلب من الدهون الموجودة فى الأغذية المحتوية عليه

، حتى امكن لإفانس Evans سنة ١٩٣٦، من عزل مجموعة من المشتقات ذات النشـــاط الفيتـــامينى فـــى صـــورة بللوريـــة وســـميت (التوكـــوفيرولات) Tocopherols.

الدور الحيوى لفيتامين (هـ)

دور فيتـامين (هـ) الفسـيولوجى و الحيـوى يـرتبط و يتشـابك بشـدة مـع ادوار العديد من العناصر الغذائية الأخرى ، و لهذا السبب فان الابحاث التى تناولت هذه العلاقات و نقاط الالتقاء قد لاقت الكثير من الجدل و الانتقاد .

١- جزء من النظام الانزيمى المانع للأكسدة الحيوية داخل وخارج الخلايا.

٢- له علاقة بالتمثيل الغذائى لحمض اللينوليك.

٣- ضرورى للنمو وحفظ الحالة الحيوية للأعضاء الجنسية.

٤- ضرورى لضبط نفازية الشعيرات الدموية.

٥- ضرورى للتناسل والفقس فى الدواجن .

٦- يساعد أو ينشط انزيم مختزل السيتوكروم فى القلب والعضلات الهيكلية.

٧- يساعد أو ينشط الانزيمات المؤكسدة للصكسونات.

٨- مضاد لسمية الكثير من المواد الضارة مثل: carbon tetrachlorids والكلوروفورم ، ethionine والرصاص والفضة ، والزرنيخ.

٩- له اثر محسن ومانع لبعض حالات الكبد الدهنى .

١٠- له اثر فى إطالة عمر كرات الدم الحمراء فى الدم.

١١- يعمل على حفظ وصيانة أنسجة الرئة من المواد المؤكسدة التى قد تكون موجودة فى الجو .

فيتـامين (ك)

VITAMIN (K)

كيمياء فيتامين (ك) وصوره

أول مـادة كيميائيـة نقيـة عرفـت بـان لهـا نشـاط فيتـامينى لفيتـامين (ك) هـى الفيثيوكول Phthiocol، حيث ظهرت فى عـام ١٩٢٩ الملاحظـات الأولـى التـى

تشير الى وجود فيتامين من نوعا خاص يقوم بتنظيم عملية تجلط الدم ثم عرف التركيب البنائى لفيتامين (ك) و هو كغيره من الفيتامينات الذائبة فى الدهون توجد له صور بنائية عديدة تجعله مجموعة من المركبات المتقاربة تسمى مجموعة فيتامين (ك).

وجميع المركبات ذات النشاط الفيتامينى لمجموعة فيتامين (ك) تحتوى على نواة ميناديون ، أو ميناديول Menadione or Menadiol و قد امكن تخليق عدد من الصور لفيتامين (ك) اعطيت ارقام مسلسلة مثل : (ك١) ، (ك٢) ،(ك٣) وهكذا ، بدات بتخليق فيتامين (ك١) سنة ١٩٣٩ وفيما يلى التركيب البنائى لبعضها.

فيتامين (ك١) : و تركيبه الكيماوى

2-methyl-3-phytyl-1,4-naphthoquinone شكل (١٠٢) و يوجد فى الأنسجة النباتية و قد امكن استخلاصه من بعض انواع البرسيم وهو عبارة عن سائل زيتى أصفر اللون لا يذوب فى الماء ، عليل الثابت جدا عند تسخينه فى وسط قلوى وكذلك عند تعريضه لأشعة .

فيتامين (ك٢) : وهو مركب متبلور ذو بلورات صفراء تنصهر عند درجة حرارة ٥٤ درجة مئوية وهو أقل ثابتا من فيتامين (ك١)، ويتكون بفعل البكتريا

شكل (١٠٢)
التركيب البنائى لفيتامين (ك١)

الموجودة فى القناة الهضمية للحيوانات ، ويمكن استخلاصه من مسحوق السمك المتعفن ، ويتميز فيتامين (ك٢) ببناء سلاسلته الجانبية التى تحتوى على من ٣٠-٤٥ زره كربون وبالتالى من ٦- ٩ روابط زوجية شكل (١٠٣) ، وغالبا ما يكون الفيتامين المخلق فى القناة الهضمية كافى لتغطية حاجة الحيوانات منه ، ولكن فى حالة الدواجن ، خصوصا الكتاكيت الصغيرة فان الكمية المركبة منه داخليا تكون قليلة ولا تفى بالاحتياجات .

فيتامين (ك٣) : وهو عبارة عن مسحوق بلورى أصفر ينصهر عند درجة ١٠٦ درجة مئوية وهو غير قابل للذوبان فى الماء و يسمى فى صورته الحرة

شكل (١٠٣)

فيتامين (ك٢)

Vitamin K_2 Series

الميناديون Menadione شكل (١٠٤ - أ) وهو 2-methyl-1,4-naphthoquinone وقد حضر صناعيا على صورة ميناديون بيكريتيت الصوديوم Menadione sodium bisulfite (MSB) شكل (١٠٤ – ب)

أ Menadione

ب Menadione Sodium Bisulfite

شكل (١٠٤) فيتامين (ك٣)

(أ) الصورة الحرة (مناديون) (ب) الملح الصوديومى

و هو على هذه الصورة الاخيرة مادة متبلورة بيضاء سهلة الذوبان فى الماء ، اكثر ثباتا للضوء والهواء من الميناديون نفسه تم تخليقه صناعيا سنة ١٩٤٢ باسم انفيكاسول.

الدور لفيتامين (ك)

(١) له دور هام لتكوين الجلطة الدموية ذات الوظيفة الفسيولوجية لمنع نزف الدم عند التعرض لاى جرح او تهتك فى الأوعية الدموية وخاصة عند نزع الريش ، ويتلخص دورة فى تكوين جلطة الدم من خلال دورة فى تكوين خمسة عوامل من الثلاثة عشر عامل المسئول عن تكوين جلطة الدم .

الثيـامين THIAMINE

ويسمى أيضا : فيتامين ب ١ Vitamin B1

$$CH_3\text{-pyrimidine}(NH_2)\text{-}CH_2\text{-}N^{+}\text{(thiazole: }CH_3\text{, }H\text{, }S)\text{-}CH_2CH_2\text{-}O\text{-}\overset{O}{\underset{O^-}{P}}\text{-}O\text{-}\overset{O}{\underset{OH}{P}}\text{-}OH$$

thiamine pyrophosphate (cocarboxylase)

شكل (١٠٥)
الثيامين بيروفوسفات او الكوكربوكسيليز

الدور الحيوى للثيامين

من المشتقات الهامـة للثيـامين هـو Thiamine - pyrophosphate وهـو يعـرف بكوكاربوكسـيليز Cocarboxylase شـكل (١٠٥) وهـو مرافـق انزيمى أو مجموعة مرافقة لانزيم Decarboxylase الذى يعمل على نـزع مجموعة الكربوكسيل من الأحماض الكيتونية α-Keto- acid فى الجسم .

والإنـزيم المسـئول عـن تخليـق هـذا المرافـق مـن الثيـامين يعـرف باسـم الثيامينوكينيز Thiaminokinase وقد امكن تحضيره من كبد الفأر وكذلك من الخميرة ، وهذا الانزيم فى وجود ايون الماغنسيوم يخلق الكوكاربوكسيليز مـن الثيامسن وذلـك عن طريـق نقل البيروفوسفات مـن جزيـئ (ATP)الـى الثيامين شكل (١٠٦) .

$$R\text{—}CH_2\text{—}CH_2OH + ATP \xrightarrow[enz]{Mg^{++}} R\text{—}CH_2\text{—}CH_2\text{—}O\text{—}\overset{O}{\underset{OH}{P}}\text{—}O\text{—}\overset{O}{\underset{OH}{P}}\text{—}OH + AMP$$

thiamine — thiamine pyrophosphate (cocarboxylase)

شكل (١٠٦)

تخليق الكوكربوكسيليز من الثيامين فى وجود انزيم الثيامينوكينيز و الماغنسيوم

الريبوفلافين RIBOFLAVIN

ويسمى ايضا : فيتامين ب٢ Vitamin B2

كيمياء الريبوفلافين وصوره

الريبوفلافين النقى شكل (١٠٧) مسحوق عديم الرائحة لونه اصفر او اصفر برتقالى يذوب فى الماء لكن بصعوبة وعند اذ يكون محلوله حساسا جدا للضوء حيث يتأثر بالاشعة الفوق بنفسجية ، كما ان الفيتامين يفسد اذا اعطى محلوله للطيور فى مكان يتعرض لأشعة الشمس ، ومع ذلك فان هذا الفيتامين و محلوله يتحمل الحرارة والأكسدة .

ويوجد عدد من مشتقات هذا الفيتامين التى لها نشاط فيتامينى منها 6-ethyl, 7-methyl compound وارابينوفلافين Arabinoflavin حيث يحل الارابيتايل L-arabityl بدلا من الرابيتايل فى الريبوفلافين .

شكل (١٠٧)

الدور الحيوى للريبوفلافين

الريبوفلافين يشترك فى العديد من النظم الأنزيمية فى التمثيل الغذائى ويطلق على هذه الانزيمات التى تنظم هذه العمليات التمثيلية الفلافوبروتينات ويعمل الريبوفلافين كمرافق انزيمى للتفاعلات التى يتم فيها نقل ذرة أيدروجين عن طريق اتحاده مع الفوسفات كما أن عملية فسفرة الريبوفلافين تتم فى ميكوزا الأمعاء ، حيث يمتص بهذه الكيفية ، ويشترك الريبوفلافين فى هذه النظم الأنزيمية على صورتين :

الأولى :

على صورة ريبوفلافين فوسفات شكل (١٠٨) ، وهى التى تعرف بترايبوفلافين احادى النيوكلتيد (FMN) ومن امثلتها مشاركته للانزيمات الصفراء والسيتوكروم yellow anzyme, cytochrome

rductase (c) L-amino-acid dehydrogenase.

الثـانى :

مـا يعرف بـالفلافين ادينين ثنـائى النيوكلتيد (FAD) شـكل (١٠٩) وهذا المركب يعمل كمجموعة مرافقة لانزيمات:

diaphorase, D-amino acid dehydrogenase,
glycine oxidase, xanthine oxidase

شكل (١٠٨)

الريبوفلافين احادى الفوسفات

flavin monophosphate (FMN)

شكل (١٠٩)

الفلافين ثنائى النيوكلتيد

Flavin Adenine Dinucleotide (FAD)

$$\text{Riboflavin} + \text{ATP} \xrightarrow{Mg^{++}} \text{FMN} + \text{ADP}$$

$$FMN + ATP \xrightarrow{Mg^{++}} FAD + PP$$

وتعمل ايضا كمجموعة مرافقة للانزيمات التى تحدث الخطوة الاولى لاكسدة الاحماض الدهنية ، وكذلك انزيم Acyl-Co-A dehydroenase

ويمكن إيجاز وظائف الريبوفلافين فى الدواجن فيما يلى :

١- ضرورى للنمو والمحافظة على حيوية الجسم وصحته
٢- ضرورى لاعطاء نسبة فقس عالية
٣ - يمنع ظهور مرض التواء الأصابع

البيردوكسين PYRIDOXINE

ويسمى أيضا : فيتامين ب٦ Vitamin B_6

كيمياء البيردوكسين وصورة

لوحظت اعراض نقص البيريدوكسين لاول مرة فى الفئران سنة ١٩٢٦ عندما نشر جولدبيرجر و ليلى ظهور التهابات جلدية و التهاب اطراف الاعصاب فى الفئران، ثم نشر جيورجى سنة ١٩٣٤ ان هذه الاعراض ترجع الى احد فيتامينات مجموعة ب المركب حيث سمى العامل المانع للالتهابات الجلدية و العصبية ، وفى سنة ١٩٣٨ تمكن ليكوفوسكى من عزل هذا العامل فى صورة متبلورة من مستخلص رجيع الكون ، و فى سنة ١٩٣٩ استطاع هارس و فولكيرز من معرفة تركيبه البنائى و فى نفس العام تمكن الفريق الألمانى برياسة كون Kuhn من تخليقه و اطلق عليه اسم البيريدوكسين.

يوجد هذا الفيتامين فى الطبيعة على ٣ صور كيميائية مختلطة ببعضها هى الصورة الكحولية وتسمى **بيريدوكسول** Pyridoxol شكل (١١٠ – أ)
الصورة الالدهيدية وتسمى **البيريدوكسال** Pyridoxal شكل (١١٠ - ب)
والصورة الامينية وتسمى **بيريدوكسامين** Pyridoxamine شكل (١١٠- ج)

وتعتبر الصورة الكحولية اقلهم نشاطا فيتامينيا ، وقد يطلق اسم البيردوكسين على الصورة الاولى فقط ، وقد يطلق ليشمل الصور الثلاث معا .

Pyridoxine	Pyridoxal	Pyridoxamine
أ- البيريدوكسول	ب- البيريدوكسال	ج- البيريدوكسامين

شكل (١١٠)
فيتامين ب ٦ بصوره الثلاث

الدور الحيوى للبيردوكسين

١ - مسئول عن سلامة الجهاز العصبى المركزى
٢ - مسئول عن عدم ظهور بعض أنواع الأنيميا فى الدواجن
٣ - مسئول عن منع أعراض تبقع الجلد
٤ - له تأثير على النمو والشهية
٥ - لازم لعمليات التمثيل الغذائى للدهون ، وخاصة الأحماض الدهنية غير المشبعة ، والكولستيرول.
٦- له أهمية فى تخليق الأجسام المناعية فى الجسم
٧- يعتقد أيضا أن له علاقة بتطور العظام
٨ - له علاقة خاصة بالحمض الأمينى التربتوفان ، وتمثيله الغذائى ، حيث يشترك فى النظم الأنزيمية الخاصة بهدمه الى Kynurenine والى حمض النيكوتيك (النياسين)
٩- له أهمية خاصة فى نقل مجموعة الكبريت من الميثايونين الى السيرين لتكوين السيستين ، وعليه فان تعويض نقص السيستين بإضافة الميثايونين مشروط بوجود القدر الكافى من فيتامين البيريدوكسين .
١٠- للفيتامين علاقة بعمليات امتصاص الأحماض الأمينية من الأمعاء بل ودخول الأحماض الأمينية الى جميع خلايا الجسم .
١١- له علاقة بانتاج وتكوين املاح الصفراء ، فمن المعتقد انه يشترك مع النظام الانزيمى لتخليق التيورين من cysteinesulfonic acid بنزع مموعة الكربوكسيل منه .

ولذلك يعتبر البيريدوكسين أحد العوامل الغذائية الهامة لمنع حالة تنخر

القونصة فى الدجاج ويرجع ذلك إلى كونه يدخل فى عملية تخليق التيورين من السلفات والجلايسين والميثايونين والسيرين والألانين والايثانول أمين حيث انه عامل مشارك فى تفاعلات نزع الماء dehydration ونزع مجموعة الكربوكسيل decarboxylarion ونزع مجموعة الأمين deamination التى تتم على هذه المركبات لتحويلها إلى التيورين.

النياســين NIACIN

ويسمى أيضا : حمض النيكوتينيك Nicotinic acid

كيمياء النياسين وصوره

خلال الثلاثينات من القرن العشرين أدى مرض البلاجرا التى أنتشرت فى صورة التهابات جلدية فى جنوب الولايات المتحدة الى وفاه آلاف عديدة من السكان قبل ان تكتشف العلاقة بين النياسين وهذه الحالة المرضية المسماه بلاجرا (ومعناها باللغة الايطالية ***الجلد الخشن***) وفى سنة ١٩٣٧ اكتشف النياسين كعامل مضاد البلاجرا Pellagra- preventive و سمى فيتامين PP وكان اكتشاف النياسين ومعالجته لمرض البلاجرا أحد القصص الطريفة فى مجال التغذية .

وقد كان مرض البلاجرا منتشرا فى كثير من البلدان الأخرى التى تعتمد فى غذائها على الذرة مثل الاتحاد السوفيتى ومصر وايطاليا واسبانيا وبلاد البلقان وخاصة بعد الحرب العالمية الاولى.

ومع ان حمض النيكوتنيك امكن تخليقه منذ عام ١٨٦٧ وتم عزله على يد فونك سنة ١٩١٢ الا أن اكتشاف علاقته بعلاج البلاجرا تأخر عن ذلك كثيرا .

من الصور المنتشرة فى الطبيعة للنياسين صورتان : هما حمض النيكوتينيك والنيكوتيناميد ، شكل (١١١) ويمكن ان يحضر الفيتامين باكسدة النيكوتين بمواد مؤكسدة قويه مثل البرمنجنات ،او بخار حمض النيتريك ، ويمكن أيضا أكسدة بعض المشتقات الأخرى مثل 3-ethylpyridine الذى يؤكسد الى حمض

شكل (١١١)

niacin (nicotinic acid)

niacinamide (nicotinic acid amide)

النيكوتينيك ، وهو عبارة عن بللورات ابرية بيضاء تذوب فى الماء والكحول ، والجلسرين ، وتوجد فى صورة ملح كلوريدى و وتنصهر عند درجة ٢٣٦مْ .

الدور الحيوى للنياسين

يقوم الفيتامين بدوره الحيوى من خلال العديد من النظم الانزيمية التى تعمل أساسا لنقل الهيدروجين Hydrogen – transport enzymes حيث انه مكون من مكونات اثنين من المرافقات الانزيمية هما :

الأول : Diphosphopyridine nucleotide (DPN) أو ما يسمى Co-I أو NAD شكل (١١٢) ويتم تخليقه داخل الكبد كالأتى :

1- nicotinic acid + 5 phosphoribosl pyrophosphate

$\longrightarrow$ nicotinic acid nucleotide + PP

2- nicotinic acid nucleotide + ATP

$\longrightarrow$ deamido- DPN + PP

3-deamido- DPN + glutamine + ATP + H_2O

$\longrightarrow$ DPN + glutamate + AMP + PP

الثانى : triphosphopyridine nucleotide (TPN) ويسمى أيضا CO-II أو NADP شكل (١١٢) وهو يختلف عن الصورة السابقة بزيادة مجموعة فوسفات ثالثة على ذرة الكربون رقم ٢ فى سكر الريبوز .

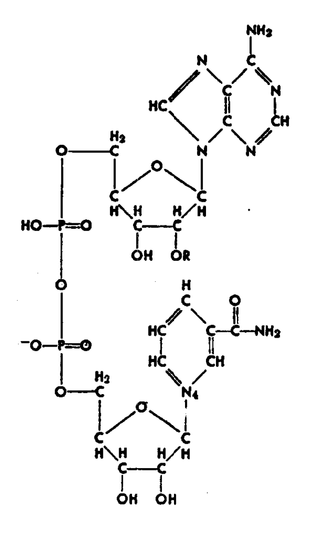
هذين المركبين لهما دور هام فى جميع العمليات الفسيولوجية للأكسدة والاختزال فى الجسم مثل :

١- أكسدة الجلوكوز الهوائية وغير الهوائية
٢- إطلاق الطاقة بواسطة سلسلة تفاعلات دائرة كرب
٣- تحليل وتركيب الأحماض الأمينية
٤- أكسدة الأحماض الدهنية
٥-تخليق وتحليل الجلسرول

ومن وظائفه أيضا :

أ- منبه للنمو ، ويزيد الاستفادة من الغذاء

ب- ضرورى للمحافظة على الحالة الصحية للبشرة والخلايا العصبية والمخ والنخاع الشوكى والريش.



شكل (١١٢)

Co-I (NAD) R = H

Co-II (NADH) R = $PO(OH)_2$

المرافقين الانزيميين المخلقين من النياسين

PANTOTHEN بانتوثين

ويسمى أيضا : حمض البانتوثنيك Pantothenic acid

كيمياء البانتوثين وصوره :

تم اكتشاف هذا الفيتامين فى عام ١٩٣٣ ، و امكن الحصول عليه فى صورة بلورية فى عام ١٩٣٩ ، و فى عام ١٩٤٠ امكن التعرف على بنائه الكيميائى و امكن ايضا تخليقه و البانتوثين أو حمض البانتوثينيك شكل (١١٣) اسمه الكيميائى

α,γ-dihydroxy- β,β - dimethl butyryl) β - alanine

$$HOCH_2-C(CH_3)_2-CH(OH)-C(=O)-NH-CH_2-CH_2-COOH$$

Pantothenic acid

شكل (١١٣)

البانتوثين

والصورة النشطة لهذا الفيتامين هى الصورة الراسيمية (D- n)والحمض سائل زيتى اصفر يذوب فى الماء وخلات الايثيل ولا يذوب فى الكلوروفورم وهو قابل لتكوين ملح صوديومى أو كالسيومى ، ويحضر تجاريا فى صورة نقية جدا ثابتة على صورة ملح كالسيومى وهذا الملح مادة متبلورة تذوب فى الماء بمعدل (٧جم /١٠٠ مل) ولا تذوب فى الكحول ، صورتها الراسيمية (DL+) وبذلك يكون لها نصف النشاط الفيتامين للراسيم (D)حيث أن الراسيم (-L)ليس له نشاط ، وهذا الفيتامين يتأثر سريعا بالحرارة والضوء .

الدور الحيوى

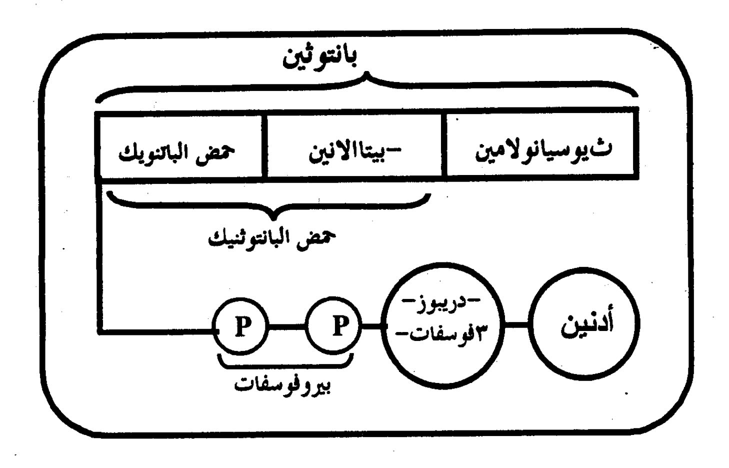
(١) يمثل البانتوثين و حمض البانتوثنيك جزء من مرافق الأنزيم أ (Co-A) شكل (١١٤) الذى تكون له المهام الهامة و الكثيرة فى التمثيل ومنها :

(أ) يلعب دورا هاما فى اسئلة الكربوهيدرات والدهون والبروتينات .
(ب) له دور فى تركيب الكولين فى مركب الاسيتيل كولين الهام فى نقل النبضات العصبية.
(ج) له دور أيضا فى اسئلة مركبات السلفا أميد المتناولة كعقاقير حتى يمكن إخراجها.
(د) له الدور المنشط للمواد الداخلة فى بعض خطوات تخليق مركب الهيم
(هـ) له دور فى عملية تخليق الأحماض الدهنية وتخليق الكولسيتيرول
(و) له علاقة بالهرمونات السترولية.

و يتم هذا التخليق فى عدة خطوات مع (ATP)على النحو التالى:

pantothenic acid + ATP → 4′-phosphopantothenic acid
4′-phosphopantothenic acid + cysteine → 4′-phosphopantothenylcysteine
4′-phosphopantothenylcysteine $\xrightarrow{-CO_2}$ 4′-phosphopantotheine
4′-phosphopantotheine + ATP → dephospho coenzyme A + PPi
dephospho coenzyme A + ATP → coenzyme A + ADP

(٢) وجد أن لهذا الفيتامين القدرة على الارتباط بالبروتين داخل الخلايا ومن ثم يعمل كحامل للبروتين.



شكل (١١٤)

رسم تخطيطى للتركيب البنائى لمرافق الانزيم (أ)

(٣) له دور فى عملية تنظيم ميزان الماء والأملاح فى الجسم من خلال تأثيره على قشرة غدة الادرينال ، وكذلك فى حالة نقص هذا الفيتامين تزداد قابلية الطيور لتناول الأملاح .

البيـــوتـــين BITOTIN

كيمياء البيوتين وصورة

عرفـــت الخصـــائص الفيتامينيـــة للبيـــوتين منـــذ العشـــرينات مـــن القـــرن العشرين، الا انه لميتم فصله الا فى عام ١٩٣٦ حيث تم فصل ١,١ ميللجرام من المستحضر البللورى من ٢٥٠ كيلوجرام من صفار البيض ، و يعتبر البيوتين من حيث خواصه الكيميائية حامض احادى الكربوكسيل ذا بناء حلقى غير متجانس.

شكل (١١٥)

البيوتين

```
         O
         ‖
         C
       /   \
   H-N       N-H
     |       |
   H-C ----- C-H
     |       |
   H2C       CH-(CH2)4COOH
       \   /
         S
```

فى الصورة الحرة يكون التركيب البنائى للبيوتين كما فى شكل (١١٥)

أما استرات الميثيل للبيوتين فهى مادة تذوب فى الميثانول والايثانيول والاسيتون والكلوروفورم وخلات الميثيل ، ولكن لا تذوب فى الماء والأثير ، تتصهر فى ١٦٦-١٦٧°م ويمكن فصل الصورة النقية الحرة للبيوتين بهدرجة استرات الميثيل للبيوتين بقلوى خفيف ثم تحميض الناتج بمحلول مخفف من (HCL)وفى هذه الحالة تنفصل بلورات ابرية رفيعة عديمة اللون للبيوتين الحر النقى والتى تذوب فى القلويات المخففة و الماء الساخن و لكنها لا تذوب فى الأحماض المخففة والماء البارد والمذيبات العضوية وتتصهر فى ٢٣١°م ، والبيوتين مقاوم للحرارة فى المحاليل الحمضية والقلوية المخففة وأمكن الآن تخليقه صناعيا على نطاق تجارى .

شكل (١١٦)
احد مشابهات البيوتين

oxybiotin

وهناك صورة من صور البيوتين تسمى اوكس بيوتين oxybiotin شكل (١١٦) يمكن للدواجن ان تستفيد منها كفيتامين ، ومن الصور التى قد يوجد عليها البيوتين مركب يسمى بيوسايتين (Biocytin) ويمكن الحصول عليه وفصله من المصادر الطبيعية وعند هدرجته بالأحماض القوية مثل (٣-٦عيارى) من حمض النيتريك لمدة ساعة على درجة حرارة ١٢٠°م ينحل الى كل من البيوتين واللايسين (L-lysine).

الدور الحيوى للبيوتين

(١) يعمل البيوتين كمرافق انزيمى لعدد من النظم الانزيمية المسئولة عن تركيب ثانى أكسيد الكربون فى المركبات الحيوية فى الجسم فمثلا : عند إضافة (CO_2) الى حمض الخليك النشط لانتاج حمض المالونيك المنشط يدخل كل من مرافق الانزيم (أ) والبيوتين لإتمام هذا التفاعل ، ويقوم بوظيفة مشابهة لكل من البيروفات والصكسونات .

و يتم هذا التفاعل بعد اتصال البيوتين بالبروتين من خلال مجموعة الامين على الوضع (ابسلن) فى اللايسين و مجموعة الكربوكسيل الموجودة فى السلسلة الجانبية للبيوتين، يتصل ثانى اكسيد الكربون بذرة النيتروجين التى توجد فى حلقة الايميدازول ، و فى المعقد البيوتينى – البروتيدى يكون الجزء الحلقى (الذى يحتوى على مجموعة COOH النشط) من جزئ

البيوتين ذى قابلية عالية للحركة حيث يقوم بنقل مجموعة الكربوكسيل الى الموضع الخاص باتصال الوسط على سطح الانزيم.

(٢) له دور حيوى فى تخليق اليوريا والاورنسين والسيترولين فى الجسم

(٣) له دور فى تخليق البيورين

(٤) له علاقة بالانزيمات المخلقة للبيدات و البروتينات

(٥) له علاقة بالانزيمات النازعة لمجموعة الأمين لأحماض (الثريونين، السيرين، الاسبارتيك)

الفولاسين FOIACIN

ويسمى ايضا : حمض الفوليك Folic Acid

كيمياء الفولاسين وصوره :

عرف هذا الفيتامين أول ما عرف بأثرة على الكتاكيت ، وفى عام ١٩٤٥ عرف هذا الفيتامين بأنه حمض الفوليك وأمكن فصلة من أوراق السبانخ وأمكن تخليقه ، وهو بلورات أبرية لا طعم لها صفراء اللون محدودة الذوبان فى الماء ٢٥ ميلليجرام/لتر فى درجة حرارة الحجرة ، تذوب فى الماء بسرعة اكثر بالغليان أو فى الأحماض وأما ملحها الصوديومى فسريع الذوبان .

ويوجد ثلاث صور على الأقل للفولاسين فى الطبيعة لها أهمية غذائية وهى تختلف تبعا لعدد جزيئات حمض الجلوتاميك المرتبطة فيها .

هذا ولحمض الفوليك العديد من المشتقات التى تؤدى دوره الوظيفى فى الجسم ويضيق المقام عن ذكرها ، ولذلك فانه فى كثير من الأحيان يطلق على المجموعة من المواد النشطة فيتامينا مجموعة فيتامين حمض الفوليك او **(الفولاسين).**

و يتركب حمض الفوليك من اتحاد ثلاث مركبات كما فى شكل (١١٧) هى:

حمض البيترويك (مجموعةبيتريدين) و حمض بارا أمينوبنزويك و حمض ل- جلوتاميك .

الدور الحيوى لحمض الفوليك

و دورة الشقفات احادية الكربون (دورة مجموعة الميثيل)

يقوم حامض الفوليك باهم وظيفة فى العمليات البيوكيميائيية التى تحدث فى

الجسم حيث يقوم بنقل الشقفات احادية الكربون اثناء التخليق الحيوى لعديد من المركبات ومنها :

شكل (١١٧)
الفولاسين

pteroylglutamic acid (PGA)
folic acid

نقل مجموعة الميثيل عند التخليق الحيوى الثيمين .
نقل مجموعة الهيدروكس ميثيل عند التخليق الحيوى للسرين.
نقل مجموعة الفورميل عند تكوين مجموعة البيورين

وعمليات نقل شقفات احاديات الكربون وبالتالى عمليات النمو وتكاثر الخلايا بما فى ذلك خلايا كرات الدم تحتاج الى اربعة عوامل غذائية هامة هى الميثايونين و الكولين كمانح لهذه الشقفات و كل من الفولاسين (حمض الفوليك) ، الكوبلامين (فيتامين ب١٢) كعوامل نقل ونذكر فيما يلى بعض عمليات التخليق التى تدخل فى هذا الدور.

١ - تخليق الجلايسين من السيرين والعكس
٢- تخليق البيورين والبيرمدين
٣- تخليق السستين من الميثايونين
٤- تخليق الهيستدين وتكسيره
٥- تفاعلات نقل وبناء مجموعات الميثيل Methlation reaction
٦- له دور حيوى فى النمو وبناء كرات الدم ، وإنتاج البيض والتريش

الكولين CHOLINE

كيمياء الكولين وصورة

فصل Streeker هذا المراكب من سائل الصفراء فى الدجاج منذ منتصف القرن التاسع و بالتحديد فى عام ١٨٤٩ و فى عام ١٨٦٧ قام Wartz بتخلقه الا انه لم يكتشف دوره كفيتامين الا عندما عرفت اهمية الفيتامينات فى منتصف القرن العشرين تقريبا ففى عام ١٩٣٢ عرفت علاقته بمنع مرض الكبد

الدهنى فى الفئران و فى سنة ١٩٤١ عرفت علاقته بمرض انزلاق الاربطة فى الدجاج.

وهو شكل (١١٨) عبارة عن بللورات عديمة اللون ، وتكون أملاح مع الأحماض بسهولة وهى تتحل بالحرارة الى ثلاثى ميثيل أمين Trimethlaineو Ethylene glycolومحلوله الذى يحتوى على الأقل من ٤% كولين مقاوم للحرارة ، ومقاومته للحرارة فى الوسط الحمضى اكثر منها فى الوسط القلوى .

CH_3

CH_3 – N·CH_2CH_2OH

CH_3 OH

Choline

شكل (١١٨)

وهو يستعمل تجاريا على ٣ صور هى :

(أ) سترات الكولين ثنائية الأيدروجين Choline dihydrogen citrate

(ب) كلوريد الكولين Choline Chloride شكل (١١٩)

(ج) كرباميل كلوريد الكولين Carbamyl choline chloride

شكل (١١٩)

$$\left[H_3C-\overset{+}{N}(CH_3)_2-CH_2-CH_2OH \right] Cl$$

كلوريد الكولين

وهو يذوب فى الماء والكحول الميثيلى والاثيلى ، والفورمالدهيد ، ويذوب قليلا فى الكحول الاميل الجاف والاسيتون الجاف ، والكلورفورم ولا يذوب فى الأثير ولا فى الأثير البترولى او البنزين ، التلوين ،رابع كلوريد الكربون .

و املاحه تذوب فى الماء و الكحولات مكونة محاليل مائية متعادلة تقريبا ،ويمكن ترسيبه من محاليله بثلاثى يوديد البوتاسيوم والأحماض الثقيلة مثل الفوسفوتنجستيك ، او الفوسفوموليبيديك .

ويعتبر بعض الباحثين ان الكولين أحد الأحماض الدهنية الأساسية وليس من أفراد مجموعة فيتامين (ب المركب).

مشابهته

الصورة المؤكسدة من الكولين تسمى (١٢٠) Betaine البيتايين وهى

توجد فى الطبيعة اكثر مما يوجد الكولين وتقوم بنفس وظائفه ولذلك يندر ظهور أعراض نقص الكولين فى حالة التغذية على العلائق المحتوية على البيتايين ، وهى تشبه الكولين فى التركيب الكيميائى ويمكن ان يعطى فى العلائق لتلافى النقص فى الكولين ، والبيتايين هو مادة عديمة اللون متبلورة وتذوب جدا فى الماء والكحول.

$$(CH_3)_3\overset{+}{N}-CH_2COOH$$

شكل (١٢٠) البيتايين

الدور الحيوى للكولين

١- يمثل الكولين احد المركبات الهامة المانحة لمجموعة الميثايل فى الجسم ولذلك هو يشترك مع كل من الميثايونين والفولاسين والكوبالامين فى دورة وتمثيل مجموعة الميثايل بين المركبات .

٢- من الوظائف الهامة للكولين انه يدخل فى عملية بناء الليسيثين Lecethin عن طريق كونه احد مكونات المرافق الانزيمى .

Cytidine diphosphate choline (CDPC) كما ان الوظائف الهامة لليسثين تكون من خلال كون الكولين جزء منه وبذلك تتضح اهمية الكولين فى نقل وتحريك الدهون من الكبد او فى الدم وبقية الانسجة ، وربما دوره كمانع لمرض الكبد الدهنى راجع لهذه الوظيفة.

الفصل السادس

العناصر المعدنية

MINERALS

وجد حتى الان ان العناصر غير العضوية الهامة للحياة او التى يمكن ان تكون لها اهمية للحياة ٢٥ عنصرا تدرس تحت مجموعتين :

المجموعة الاولى : (العناصر الحيوية الرئيسية)

وتشمل العناصر الضرورية للجسم والتى يجب تناولها فى العليقة ويجب اضافتها فى الغذاء وفى حالة عدم اضافتها ، او تركيب علائق خالية من بعضها تظهر على الطائر اعراض مرضية خاصة لكل عنصر منها ، وعدد هذه المجموعة (١٥) عنصرا هى :

الكالسيوم ، الفوسفور ، الماغنسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكلور ، المنجنيز ، يود ، الزنك ، الحديد ، النحاس ، الكبريت ، السيلينيوم ، الكوبلت ، الموليبدنيوم.

المجموعة الثانية : (العناصر الحيوية الثانوية)

وتشمل العناصر الهامة الاخرى ولكن حتى الان لم يثبت ان ظهر لها اى اعراض نقص ، كما انه لم تتضح بعض وظائفها الحيوية داخل جسم الطائر ، وربما كان ذلك لان الاحتياجات منها ضئيلة للغاية ، وبالتالى تغطى من المصادر الطبيعية التى يستحيل خلوها من اثار ضئيلة منها ، وفى العلائق النقية امكن اظهار بعض اعراض نقصها.

وهذه العناصر عشرة هى:

السيليكون ، القصدير ، والزرنيخ ، الفانديوم ، الفلور ، السترانشيوم ، النيكل ، الكروم . البروم ، الباريوم ،

(ب) العناصر غير الحيوية :

وهى العناصر التى ثبت وجودها فى اجسام الطيور ولكن لم يتضح بعد ما اذا كانت ضرورية للحياة ام انها مجرد تلوث من البيئة ، ومن هذه العناصر الرصاص ، التنجستين ، الفضة ، التيتانيوم ، الجرمانيوم ، الانتيمون، الالومنيوم ، البورن ، ليثيوم ، الكادميوم ، الذهب ...الخ

الوظائف العامة للعناصر المعدنية :

أ- تدخل فى تركيب وبناء الهيكل العظمى وقشرة البيضة

ب- تنظم الضغط الاسموزى فى الجسم وتنظم الأيون الأيدروجينى
ج- تعمل كعوامل مساعد فى بعض التفاعلات الانزيمية
د- تعمل كمكون لبعض الانزيمات والفيتامينات والهرمونات والبروتينات والدهون
هـ- ضرورية لحركة العضلات والنبضات العصبية وتجلط الدم

ويمكن ايجاز بعض ادوار العناصر المعدنية فى فسيولوجيا الدواجن فيمايلى:

١- يكون الكالسيوم والفوسفور العظام وقشرة البيضة ، وذلك بجانب كونهما يوجدان فى سوائل الجسم والدم وصفار البيضة ، فمثلا يتكون الهيكل العظمى اساسا من فوسفات الكالسيوم ، وقشرة البيضة من كربونات الكالسيوم

٢- الكالسيوم والماغنسيوم ضروريات لاداء وظيفة الخلايا العصبية ، ويؤثر كل منهما فى امتصاص الاخر

٣- الحديد والنحاس والكوبلت مع فيتامين ب١٢ هامان لتكوين الدم

٤- اليود يدخل فى تركيب هرمون الثيروكسين

٥- الزنك يدخل مع الموليبدنيوم والمنجنيز كجزء من بعض الانزيمات

٦- يرتبط الماغنسيوم بالتمثيل الغذائى للكالسيوم كما انه ضرورى لصحة العظام والعضلات والاعصاب

٧- الصوديوم والبوتاسيوم والكلور عناصر هامة لسوائل الجسم وانسجته الناعمة كما انها تساعد على موازنة الحموضة القلوية بالجسم .

٨- يعتبر ملح الطعام من المواد الهامة لفتح شهية الطيور ، وهو ضرورى لاداء الكثير من الوظائف الحيوية مثل عمل العضلات ، ووظيفة الرئة ، ونمو العظام ،وانسجام وظائف العين ، وترسيب الدهن .

٩- البوتاسيوم ضرورى لسلامة الكلية والقلب .

١٠- ملح الطعام ضرورى لعملية الهضم والتنفس

١١- الكبريت جزء من بعض الانزيمات والاحماض الامينية ، ويدخل فى تمثيل بعض الهرمونات واملاح الصفراء

١٢- ترتبط دورة التمثيل لكل من النيتروجين والكربون مع الكبريت

١٣- يكون الحديد جزء من جزيئ الهيموجلبين فى الدم

١٤- النحاس ضرورى لوظيفة انزيمات الاكسدة مثل الانزيمات اليوريز ، والتريسانيز واكسدة حمض الاسكوبيك .

١٥- يحتوى كل من الكبد والقلب والكلية ونخاع العظام والطحال ، والشعر والمخ على كمية من النحاس

١٦- النحاس مهم لاستفادة الجسم من الحديد فى الهيموجلوبين .

١٧- يؤثر كل من المنجنيز من ناحية والكالسيوم والفسفور من ناحية اخرى كل منهما فى الاخر فى عمليات امتصاصهما من القناة الهضمية .

١٨- يشترك المنجنيز مع كل من الكولين ، والنياسين ، والريبوفلافين وحمض الفوليك ، فى الوقاية من مرض انزلاق الاربطة .

١٩- للكوبلت دور هام فى تكوين الهيموجلوبين وكرات الدم الحمراء وهو يدخل فى تركيب فيتامين ب١٢

٢٠- لكل من الكوبلت والمنجنيز والزنك دور هام فى نمو الكتاكيت .

٢١- يلعب الزنك دوراً هاماً فى توازن الحموضة والقلوية وتسهيل تكوين حمض الكربونيك فى الدم ، وكذلك تكسيره وانطلاق ثانى اكسيد الكربون فى الرئة.

٢٢- المولبيدنيوم له دور فى تفاعل انزيم الاكزانسيين اوكسيديز والذى يحول البيرميدين الى حمض البوليك ليخرج فى البول فى الدواجن ، ومع ذلك فزيادة المولبيدنيوم فى الدواجن سامة .

٢٣- يدخل السيلينيوم مع بعض البروتينات الحيوانية مكونا سيلينو الاحماض الامينية التى تتكون من اختزال املاح السيلينات وهى تلعب دوراً هاماً فى نشاط بعض الانزيمات الخاصة بنزع مجموعة الكربوكسيل ، وتعمل مركبات السيلينيوم كمادة حاملة لفيتامين (هـ) ، وتؤثر فى امتصاصه وتمثيله كما ان بعضها يعتبر مادة مانعة للاكسدة .

٢٤- يدخل السيلينيوم ومركباته فى انتاج المركبات الحيوية التالية :
.Selenate, Selenocysteic acid , Selenic acid

٢٥- للسيلينيوم وظائف اخرى منها ، انها تمنع مرض انهيار العضلات Musche abnormalities ومرض تفتت القونصة فى الرومى Gizzard .erosion

الكالسيوم

يتم امتصاص الكالسيوم فى القناة الهضمية جزئيا من المعدة (بنسبة قليلة جدا) واساسا من الامعاء الدقيقة وفى دراسة بالكالسيوم المشع اتضح ان امتصاص الكالسيوم من خلال الغشاء المخاطى يحدث بعكس تدرج تركيزه ، مما يدل على

انه يتم بالنقل النشط ، وتبين ايضا ان امتصاص الكالسيوم يكون فى الاثنى عشر والصائم اكثر منه فى الاجزاء السفلية من الامعاء الدقيقة ، وان نظام النقل النشط يعلل بانه ضرورة تقابل الاحتياجات العالية من الكالسيوم للاعضاء ، ما يزيد من كفاءة امتصاص الكالسيوم فى حالة ارتفاع المأكول منه يجعلنا نعتقد بوجود نظام حمل له .

ومن وظائف الكالسيوم :

(١) مكون اساسى للعظام وقشرة البيضة

(٢) يدخل ضمن مكونات تجلط الدم فهو العامل رقم ٤ من عوامل تكوين الجلطة

(٣) يدخل كمنشط لانزيم الفوسفاتيز .

(٤) يشترك مع جميع انزيمات الاميليز (الاميليز يحتوى على الكالسيوم)

(٥) يشترك مع الصوديوم والبوتاسيوم فى تنظيم ضربات القلب والتوازن الطبيعى بين الحموضة والقلوية بالجسم .

الفوسفور

يمتص الفوسفور فى الامعاء الدقيقة وجزء منه يمتص فى المعدة ، ويعتقد ان امتصاصه يكون بالنقل النشط ، ويرتبط امتصاص الفسفور بامتصاص الكالسيوم ، ويتأثر به وجزء من الفوسفور يمتص عن طريق الانتشار من خلال جدر الامعاء الدقيقة .

ويوجد الفوسفور فى الجسم على صورتين وخاصة فى الدم ، صورة عضوية وصورة غير عضوية ويخرج الفوسفور عن طريق الزرق او عن طريق البيض ولكنه يعاد امتصاصه فى الكليتين ولا يفرز فى البول .

ويصعب امتصاص الفوسفور الموجود فى الحبوب وخاصة حبوب العائلة النجيلية مثل القمح ، والشعير ، والارز ، اذا يكون مرتبطاً فى صورة مركب عضوى يعرف بالفيتين Phytin وهذا المركب يربط ثلاثة عناصر هى الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم

من الناحية العملية يجب حساب الفوسفور القابل للاستفادة Avilable phosphorus الموجود فى العلائق لتغطية احتياجات الطيور ويحسب عادة على اعتباره يساوى نصف الفوسفور الكلى فى الاعلاف النباتية مضاف اليه كل الفوسفور الموجود فى الاعلاف الحيوانية ، اذ يعتبر هذا الاخير جميعه قابل للاستفادة .

الدور الحيوي للفوسفور :

١- مكون اساسى للعظام (والأسنان فى الثدييات) مع الكالسيوم حيث ان ٨٦%

من رماد العظام فى صورة فوسفات الكالسيوم ثلاثية ، كما ان ٩٩% من الكالسيوم بالجسم ، ٨٠% من فوسفوره يوجد فى الجهاز العظمى فى صورة فوسفات كالسيوم ، التى تعطى للعظام صلابتها

٢- مكون من مكونات البروتينات النووية ومشتقاتها مثل DNA, RNA وكذلك المركبات الحافظة والناقلة للطاقة مثل ATP, ADPوالعديد من المرافقات الانزيمية التى تنظم نقل الطاقة وتخليق البروتين وتمثيل الغذائى للكربوهيدرات .

٣- يدخل ضمن تكوين الفسوليبيدات التى تنظم نفازية الاغشية وتكون الجدر والأغشية الخلوية .

٤- له دور مشترك مع الكالسيوم والصوديوم فى حفظ الاتزان الالكترونى فى

الماغنسيوم

يمتص الماغنسيوم من الامعاء الدقيقة ، وزيادة الفوسفات تقلل من امتصاص الماغنسيوم ، بينما زيادة الماغنسيوم تقلل امتصاص الكالسيوم.

الدور الحيوى للماغنسيوم :

١- عامل منشط بالنسبة لانزيمات التنفس باشتراكه مع البوتاسيوم ، وهو ايضا منشط لبعض النظم الانزيمية داخل الخلايا

٢- يشترك فى عملية التمثيل الغذائى للعضلات

٣- منشط لانزيم الكولين استيز والاستيل كولين استيز

٤- يشترك فى تكوين العظام وقشرة البيضة مع كل من الكالسيوم والفوسفور

الصوديوم

يوجد الصوديوم فى سيرم الدم ولكن تخلو كرات الدم منه ، بعكس البوتاسيوم الذى يوجد اغلبه فى الخلايا مع نسبة صغيرة فى سيرم الدم .

الدور الحيوى الصوديوم :

١- يؤثر عنصر الصوديوم فى كل من النمو والصحة والانتاج فىالدواجن.

٢- بعض عمليات الجسم مثل الهضم والتنفس وغيرها تختل اذا قل ملح الطعام فى العليقة

٣- يعمل الصوديوم فى النظام الحملى لكثير من العناصر المعدنية الدقيقة عند

امتصاصها .

٤ يشترك ايضا الصوديوم فى النظام الحملى لبعض الاحماض الامينية والسكريات الاحادية عند امتصاصها .

٥ له دور هام فى حفظ درجة حموضة الجسم (pH) ، والاتزان المائى وحفظ الضغط الاسموزى .

٦ له دور فى توصيل النبضة العصبية

٧ بعض التفاعلات الانزيمية لاتتم الا فى وجود الصوديوم

البوتاسيوم

يتشابه الى حد كبير مع الصوديوم ، وهو يتركز اساسا فى السوائل الخلوية الداخلية ، وتذوب املاحه فى الماء بسهوله ولذا يسهل امتصاصه ، ويتأثر كما فى الصوديوم ببعض الالكتروليتات ، ويمتص على طول القناة الهضمية ، واكبر امتصاص له فى الامعاء الدقيقة ، ويتم امتصاصه بالانتشار الغشائى البسيط على عكس الصوديوم ، ويخرج عن طريق البول والروث ، وينظم عملية افرازه هرمون الغدة جارالكلوية عن طريق الكلية .

الدور الحيوى للبوتاسيوم :

(١) يحافظ على نسبة الفقس العالمية
(٢) ضرورى مثل الصوديوم للحفاظ على الضغط الاسموزى للخلية
(٣) منشط للانزيمات الموجودة فى الميتكوندريا ، وهو بذلك على عكس فعل الصوديوم الذى يثبط هذه الانزيمات
(٤) مهم لنشاط عضلة القلب ، وهو بذلك على عكس تأثير الكالسيوم
(٥) يدخل فى تركيب العضلات وكرات الدم وجدر الخلايا .

الكلور

للكلور قابلية ضعيفة للاتحاد مع البروتينات وهو فى ذلك يخالف الصوديوم ولذلك فانه باستمرار يوازن هذا العنصر الاخير فى الوسط الخارجى للخلية وهو يتحد مع كل من سوائل الجسم الداخلية والخارجية وهو مكون لحمض الايدروكلوريك فى العصير المعدى ونقص الكلور يؤدى الى اضطراب فى النمو وضعف العضلات ،كذلك مرض القلوية Alkosis بعض الانزيمات مثل الاميليز اللعاب تظهر زيادة فى نشاطها فى وجود ايون الكلور ويؤدى نقصه الى انخفاض معدل النمو فى الكتاكيت النامبية ، فتظهر اعراض نقصه فى العضلات بطريقة مشابهة لتلك الناتجة عن فيروز التيتانوس وترتفع نسبة الوفيات وتظهر على

الكتاكيت اعراض اضطرابات عصبية والاحتياجات منه تغطى باضافة ملح الطعام .

الكبريت

تنحصر اهمية الكبريت فيما يوجد منه على الصورة العضوية فى الاحماض الامينية ، اما الصورة المعدنيه له فهى ليست ذات اهمية من الوجهة الغذائية بل على العكس وجد ان لها تأثيراً ساماً عن الدواجن الصغيرة النامية ، ويستخدم الكبريت غير العضوى فقط لعلاج الكوكسيديا ، والكبريت عنصر هام وضرورى لسير العمليات الحيوية وفى اتمام التوازن بين التأثير الحمضى والقاعدى ، ويشترك فى تكوينه ونمو الاظافر والريش ، ويفرز عن طريق البول او عصارة الصفراء.

الحديد

الدور الحيوى للحديد :

١- يدخل الحديد فى تكوين الهيموجلوبين Hemoglobin حيث يحتوى على حوالى ٠,٣٣٥ % من وزنه حديد .

٢- انزيمات السيتوكروم Cytochromes تحتوى على الحديد كمجموعة فعالة.

٣- يدخل ايضا فى تركيب انزيمات اخرى مثل انزيمات الفيلافين ومختزالات السيتوكروم ، ومؤكسدات الزنثين .

٤- احد مكونات ميوجلوبين Myoglobinالعضلات

٥- يدخل ايضا فى تكوين انزيمات Catalese , peroxidase fumerti hydrogense

النحاس

على الرغم من ان الاحتياجات من النحاس بالنسبة للدواجن ضئيلة جدا الا انه فى غاية الاهمية ، لعملية تمثيل الحديد لتكوين الهيموجلوبين .

والنحاس يمتص من المعدة وكذلك من الامعاء الدقيقة ويقل امتصاص النحاس باضافة كربونات الكالسيوم وايضا هناك علاقة تلازمية بين التفاعلات الخاصة بامتصاص النحاس والعناصر المعدنية الاخرى مثل المولبيدنيوم وتمتص مركباته المرتبطة بالاحماض الامينية اسرع منها عندما يكون فى صورة كبريتات نحاس.

الدور الحيوى للنحاس :

١- وجد ان النحاس مكون للانزيمات التالية :

Lactase, tyrosinase, uriase, ascorbic acid oxidase butyryl co-A dehydrogenase.

ويزداد تركيز النحاس فى الاعضاء التالية : الكبد ، القلب ، الكلية ، نخاع العظام ، الطحال ، الشعر ، المخ ، وهى الاعضاء التى تحتاج الى نشاط كبير للدورة الدموية والتنفس او الاعضاء المخلقة والهادمة للهيموجلوبين وكرات الدم الحمراء.

٢- له وظيفة فى تخليق الهيموجلوبين ودخول الحديد فيه مع ان النحاس ليس مكوناته .

٣- قد تستخدم مركبات النحاس لمنع الفطريات فى العلائق

٤- يلعب مع الحديد دورا فى تكوين صبغات الريش

المنجنيز

عرفت اهمية المنجنيز الغذائية عندما وجد ان نقصه يسبب مرض انزلاق الاربطة فى الدواجن ، وامتصاص هذا العنصر محدود ولذلك يجب اضافته بكميات كافية فى الغذاء ويخزن المنجنيز فى العظام والكبد ويفرز عن طريق الصفراء وكمية قليلة منه تفرز عن طريق البول .

الدور الحيوى للمنجنيز

(١) المنجنيز مكون من مكونات بعض الانزيمات مثل Prolidase ومنشط لانزيمات عديدة اخرى فى التمثيل الغذائى

(٢) هام للنمو الطبيعى بصفة عامة لتكوين العظام بصفة خاصة فى الدواجن ضرورى ايضا لتكوين قشرة البيضة .

(٣) ضرورى للحفاظ على نخاع العظام

(٤) يلعب دورا فى التمثيل الغذائى لبعض الاحماض الامينية مثل الارجنين

(٥) هام للحفاظ على مد دورة حياة جزيئ الهيموجلوبين .

الزنك

امتصاص الزنك على صورة كربونات او كبريتات متساوى ، ويلاحظ ان الفيتين الموجود فى الحبوب يمنع امتصاص الزنك ، ويمتص الزنك من الجزء العلوى للامعاء الدقيقة.

الدور الحيوى للزنك :

١- الزنك مكون من مكونات الكثير من الانزيمات .
٢- هام للنمو بصفة عامة
٣- يلعب دورا هاما فى اتزان الحموضة والقلوية فى الجسم فى تسهيل خروج ثانى اكسيد الكربون من الانسجة وتكوين حمض الكربونيك فى الدم ، ثم تكسير حمض الكربونيك واطلاق ثانى اكسيد الكربون فى الرئة
٤- له دور هام فى عملية تكلس وتكوين قشرة البيضة والريش
٥ - يعمل الزنك كعامل منشط لعديد من الانزيمات
٦- يدخل فى تركيب هرمون الانسولين

اليــود

يمتص الجزء الاكبر من اليود فى الامعاء ويمتص ايضاً بكمية اقل فى المعدة واخراجه يتم عن طريق الغدد اللعابية ، ويفرز عن طريق العرق والبيض ، ويتم امتصاص اليود بسرعة ، ومعظم اليود فى الجسم يوجد فى الغدد وخاصة الغدة الدرقية .

الدور الحيوى لليود

(١) يحتاج الجسم لليود حتى تقوم الغدة الدرقية بوظيفتها نظرا لان هرمون الثيروكسين الذى تفرزه هذه الغدة يحتوى على ٦٥% منه يود .
(٢) له تأثير على الغدد الصماء الأخرى
(٣) يعمل من خلال هرمون الثيروكثين على تنظيم تمثيل الطاقة فى الجسم ويؤثر على ديناميكية الدورة الدموية .

السيلينيوم

كان السيلينيوم يعتبر عنصراً ساما للدواجن فى الوقت الماضى ، ولكن اتضح فيما بعد انه عنصر ضرورى وهام للحياة والانتاج والنمو فى الدواجن وللسيلينيوم علاقة وثيقة بثلاثة عناصر غذائية هامة هى :

(أ) فيتامين (هـ) (ب) الكبريت (ج) الاحماض الامينية المحتوية على الكبريت وله علاقة ايضا بكل من الفوسفور والزرنيخ

والسلينيوم يوجد فى البروتينات الحيوانية على صورة سلينات الاحماض الامينية Seleno-emino acid ويتوقف امتصاص السيلينيوم فى الامعاء على قابلية املاحه للذوبان ومحتوى العليقة من الكبريت ويخرج السيلينيوم عن طريق البول .

الدور الحيوى للسيلينيوم

علاقته بفيتامين (هـ):

وجد ان للسيلينيوم فى الدواجن علاقة وثيقة ببعض الاحتياجات من فيتامين (هـ) ، حيث يمكن ان يحل محل الفيتامين المذكور فى منع ظهور بعض اعراض نقصه ، وذلك عن طريق زيادة الاستفادة منه ، حيث يعتقد انه يشترك فى عملية امتصاص ونقل وتخزين فيتامين (هـ) .

(٢) علاقته مع الكبريت

يرتبط دور السيلينيوم بالاحماض الامينية المحتوية على الكبريت ، مثل الميثايونين و السيستين ، وكان يظن انه يحل محل الكبريت فى عمليات التحويل الغذائى لهذه الاحماض ، ولكن ثبت اخيرا انه يدخل فى تركيب مركبات عضوية هامة تشترك فيها هذه الاحماض مثل الجلوتاثيون .

(٣) علاقته بامراض الكبد :

يعتبر السيلينيوم العامل الثالث Factor III المانع لمرض تنخر الكبد Liver necrosis وقد وجد ان اضافة السلينات منعت تماما ظهور هذا المرض فى الفئران .

(٤) علاج بعض الامراض الاخرى فى الكتاكيت :

امكن علاج زيادة نفازية الشعيرات الدموية بواسطة السيلينيوم المعدنى كما تأكد علاج امراض ضمور العضلات فى الكتاكيت عن طريق زيادة نسبة السيستين فى العلائق المقدمة اليها او ايضا باضافة السيلينيوم .

(٥) منشط لبعض الانزيمات :

يلعب السيلينيوم دورا هاما فى تنشيط بعض الانزيمات المشتركة فى عمليات نزع مجموعة الكربوكسيل Decarboxylation

(٦) عمله كمانع للأكسدة

هذا العنصر المعدنى له دور كمانع للأكسدة ، وتبين ان اضافة هذا العنصر فى العلائق المحتوية على نسبة كبيرة من الاحماض الدهنية غير المشبعة ادى الى حفظ هذه الاحماض من التأكسد ومن تكوين البيروكسيدات .

الموليبيدينيوم

من المعروف ايضا ان الموليبيدينيوم من العناصر السامة فى الغذاء ولم تظهر اهميته الا اخيرا عندما وجد ان هذا العنصر يدخل فى تركيب بعض

الانزيمات فى الجسم .

ويمتص الموليبدنيوم على صورة موليبدات ويخرج اساسا فى البول مثل بقية الانيونات الاخرى ، ويبلغ اكبر تركيزا له فى الانسجة بسرعة بعد تناول غذاء مدعم به ، ويزداد تركيز وجود هذا العنصر فى الكبد ، الكلية ، وغدة الادرينال ، والتمثيل الغذائى له يتأثر بتناول الكبريتات غير العضوية ، وهو يدخل فى بناء قواعد البيورين وحمض البوليك عن طريق انزيم Xanthin-oxidase ويدخل ايضا فى تركيب انزيمات aldehyde oxidase والموليبدينيوم هام للنمو ، ومن ضمن العوامل التى يتوقف عليها بناء البروتين فى الجسم ، وكان يسمى فيما مضى عامل اكسدة الزانثين Xanthine oxidase factor ثم لكتشف بعد ذلك ان هذا العامل هو احد عناصر الاثار (الموليبدينيوم) وهذا العنصر ايضا منشط لانزيمات Flavoprotein enzymes ومكون لانزيم Molybdonoprotein sulfite oxidase واهمية هذا العنصر للطيور اكبر منها فى بعض الثدييات

الكوبلت

تنحصر اهمية الكوبلت فى الدواجن فى كونه مكونا لفيتامين (ب١٢) اذ يحتوى هذا الفيتامين على حوالى ٤% من وزنة كوبلت ، وليس من المعروف ان لكوبلت فى الدواجن دورا اخر بخلاف دور فيتامين ب١٢ المذكور سابقا ، لذلك ينصح بألا يضاف الكوبلت فى علائق الدواجن الا فى صورة فيتامين ، وهذا على عكس الحال فى الحيوانات الاخرى او المجترات فأن اضافة الكوبلت فى غذائها او وجوده فى نباتات المراعى التى تتغذى عليها يجعل بكتريا الكرش والكائنات الدقيقة فى الامعاء تقوم ببناء الفيتامينات من هذا العنصر بما يكفى حاجة الحيوان الذى يمتص هذا الفيتامين المخلق و لكن دور هذه الكائنات فى الدواجن قليل جدا فهى توجد بكميات اقل وحتى الجزء المتواضع الذى يمكن ان تخلقه فى جسمها لا يمتص فى الامعاء ولكن وجد انه فى العلائق البحثية النقية يجب اضافة الكوبلت اليها كما فى الطيور المرباه ارضيا يكون من المفيد امدادها ببعض الكوبلت لتنشيط نمو البكتريا فى الزوائد الاعورية ومن ثم تعويض بعض النقص فى فيتامين ب١٢ بتناولها للزرق من الفرشة .

فهرس

الناشر



دار الهدى للنشر و التوزيع
الإدارة: ٥٥ شارع الخمساوى – العايدة- الخانكة
تليفون و فاكس: ٤٦٣٣٠٧٥
التوزيع: ٩ شارع المدرسة – العايدة – الخانكة
ت: ٤٦٤١٩٤٩ محمول ٠١٢٧٨٣٧٠٩٢